



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Biotratamiento anaerobio y compostaje para la estabilización de lodos
residuales provenientes de la planta de tratamiento de agua residual, Cieneguilla
2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Altamirano Guerreros, Anabel Dorcas (ORCID: 0000-0001-9702-9966)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA- PERÚ

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación es dedicado a todos los seres que han sido partícipes de la trayectoria para alcanzar esta meta:

A mis padres; quienes me enseñaron a permanecer en todo nuevo proyecto hasta concluirlo con éxito. Por su inmenso apoyo incondicional en cada meta que me propongo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a todas aquellas personas quienes han sido contribuyentes en mi proceso de formación académica e influyente con sus consejos, apoyo y motivaciones.

A mi asesora de tesis, Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres, por su guía brindada y asesoría dada en el transcurso de la elaboración de la tesis.

Al grupo de asesores temáticos, los cuales me brindaron sus conocimientos para un mejor desarrollo de la tesis.

A cada uno de ellos, muchas gracias.

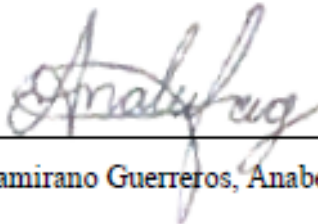
PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Anabel Dorcas Altamirano Guerreros con DNI N° 76422022, 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, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y auténtica.

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.

Lima, 10 de Diciembre del 2019



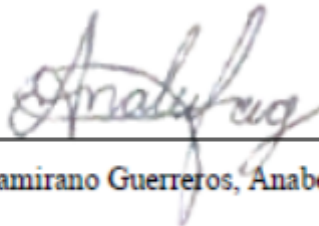
Altamirano Guerreros, Anabel Dorcas

DNI : 76422022

PRESENTACIÓN

Les presento la tesis Biotratamiento anaeróbico y compostaje para la estabilización de lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de agua residual. Cieneguilla 2019. El siguiente trabajo se compone de seis capítulos. En el primer capítulo, se plantea la problemática del trabajo de investigación con las teorías relacionadas y trabajos previos, así como también las justificaciones del estudio, la hipótesis y el objetivo principal, el cual es: Estabilizar el lodo residual proveniente de la PTAR de Cieneguilla mediante Biotratamiento anaerobio y compostaje. En el segundo capítulo, se detalló la parte metodológica como el enfoque, tipo de estudio y el diseño de la investigación, así como también se explicaron las variables, se determinó la población y se habló acerca de las técnicas e instrumentos de evaluación que se utilizó en el proyecto. En el tercer capítulo, se presentan los resultados obtenidos de los indicadores que fueron propuestos antes de implementar el sistema y después de haber implementado mediante cuadros. En el cuarto capítulo, se discute los resultados obtenidos con los resultados de otros autores. En el quinto capítulo se muestra las conclusiones. Y por último en el sexto capítulo se realiza algunas recomendaciones

Atentamente



Altamirano Guerrero, Anabel Dorcas

DNI : 76422022

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de Gráficos.....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	12
2.1 Tipo y diseño de investigación	13
2.2. Operacionalización de variables.....	14
2.3. Población, muestra y muestreo	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	18
III. RESULTADOS.....	25
3.1 Resultados estadísticos.....	29
3.1.1. Pruebas de Normalidad	29
3.1.2. Prueba ANOVA	30
3.1.3. Pruebas de Tukey	30
3.1.4. Pruebas de Normalidad	31
3.1.5. Prueba ANOVA	31
IV. DISCUSIÓN	34
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	54

Índice de tablas

Tabla 1. Antecedentes de proceso anaerobio para la desodorización del material.....	3
Tabla 2. Antecedentes de proceso de pre-compostaje para la inactivación de patógenos	4
Tabla 3. Efectos en diferentes concentraciones de H ₂ S	5
Tabla 4 Clasificación de patógenos presentes en lodos residuales y sus efectos en la salud	6
Tabla 5. Parámetros para microorganismos patógenos en los biosólidos	10
Tabla 6. Diseño de investigación	13
Tabla 7. Matriz de consistencia	15
Tabla 8 Validación de equipos para análisis de equipos fisicoquímicos	18
Tabla 9. Análisis fisicoquímico del lodo residual	26
Tabla 10. Análisis fisicoquímicos de los microorganismos Benéficos - MOBS	26
Tabla 11. Resultados de análisis del proceso de digestión anaerobia.....	27
Tabla 12. Porcentaje de desodorización.....	27
Tabla 13 Análisis microbiológico de microorganismos benéficos y lodo residual.....	28
Tabla 14. Análisis microbiológico del lodo residual	28
Tabla 15. Resultado de análisis del proceso de pre-compostaje.	29
Tabla 16. Pruebas de normalidad del proceso de digestión anaerobia	29
Tabla 17. Prueba ANOVA de los tratamientos de cada parámetro para el proceso de digestión anaerobia	30
Tabla 18. Prueba Post-Hoc: HSD Tukey ^a para las mediciones de H ₂ S.....	30
Tabla 19. Pruebas de normalidad del proceso pre-compostaje.....	31

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Mediciones de parámetros del proceso de digestión anaerobia	36
Gráfico 2. Porcentaje de desodorización.....	37
Gráfico 3. Mediciones de parámetros en el proceso de pre-compostaje.....	38
Gráfico 4. Medición final de patógenos del proceso de pre-compostaje	40

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo estabilizar los lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de agua residual, ubicado en Cieneguilla, mediante la aplicación de microorganismos benéficos en el proceso de digestión anaerobia y pre-compostaje.

Esta tesis es una investigación con metodología tipo aplicada, de nivel correlacional, diseño experimental y muestreo no probabilístico debido a que se realizó la selección de la muestra intencionalmente.

Para lograr la estabilización del lodo residual en cuanto a la eliminación del mal olor y la eliminación de patógenos, se realizó 2 procesos: digestión anaerobia y pre-compostaje. El primer proceso duró 15 días y se mantuvo a una temperatura constante de 30°C y el segundo proceso duró 16 días. Asimismo, se evaluó cuatro tratamientos, los cuales se caracterizaron por poseer concentraciones diferentes de microorganismos benéficos: 0%; 5%; 10% y 15% del sólido total.

Los resultados demostraron que el tratamiento con mayor efectividad fue el tratamiento 02, la cual contenía 10% de microorganismos benéficos, reduciendo la concentración de H₂S a 0 ppm; de *E. Coli* a 0 NMP en 1g ST; de *Salmonella spp* a 0 NMP en 10 g ST y *Huevos viables de helminto* a 0 hh en 4g/ST.

Además se determinó que el biosólido obtenido del tratamiento 02 se puede usar como acondicionador del suelo; puesto que cumple con los parámetros de higienización del Decreto Supremo N°015-2017-VIVIENDA.

Palabras Claves: microorganismos benéficos; digestión anaerobia y huevos viables de helminto

ABSTRACT

The purpose of this research is to stabilize the residual sludge from the wastewater treatment plant, located in Cieneguilla, through the application of beneficial microorganisms in the anaerobic digestion and pre-composting process.

This thesis is an investigation with applied methodology, correlational level, experimental design and non-probabilistic sampling due to the intentional selection of the sample.

To achieve the stabilization of residual sludge in terms of the elimination of bad smell and the elimination of pathogens, 2 processes were performed: anaerobic digestion and pre-composting. The first process lasted 15 days and was maintained at a constant temperature of 30 ° C and the second process lasted 16 days. Likewise, four treatments were evaluated, which were characterized by having different concentrations of beneficial microorganisms: 0%; 5%; 10% and 15% of the total solid.

The results showed that the most effective treatment was treatment 02, which contained 10% of beneficial microorganisms, reducing the concentration of H₂S to 0 ppm; from *E. Coli* to 0 NMP in 1g ST; of *Salmonella spp* at 0 NMP in 10 g ST and *Viable eggs of helminth* at 0 hh in 4g / ST.

It was also determined that the solid bio obtained from treatment 02 can be used as a soil conditioner; since it complies with the sanitation parameters of Supreme Decree N°. 015-2017- VIVIENDA

Keywords: beneficial microorganisms; anaerobic digestion and viable helminth eggs

I. INTRODUCCIÓN

El lodo residual es considerado un problema por su composición: metales pesados, contaminantes emergente y patógenos los cuales fueron removidos del agua, además este producto genera gases o malos olores por descomposición. Así como también, se considera un problema debido a la cantidad y/o volumen que se genera y el costo adicional que implica el tratamiento de este residuo (Mendoza y Rojas, 2012, p. 75).

Los países desarrollados consideran a los lodos residuales un tema importante, por ello invierten en la implementación de infraestructura para el tratamiento de este residuo, además cuentan con un registro sobre la disposición final y el aprovechamiento de este material. En cambio, los países en vías desarrollo no consideran que este material debería ser tratado, además no cuentan con un control sobre cantidad generada ni la disposición de ella (Schlecht, 2008, p. 18).

En el Perú, la falta de rellenos de seguridad y/o sanitarios para la disposición final de los residuos sólidos y lodos residuales procedentes de los sistemas de tratamiento de agua residual, limitan el cumplimiento de la normativa vigente. Por esta razón, las EPS generan otras alternativas para la eliminación de lodos residuales, tales como: acumulación en el terreno de la PTAR, depósito o entierro en botaderos o entrega directa a campesinos (SUNASS, 2015, p. 75).

El uso de lodos residuales provenientes de planta de tratamiento de agua residual como acondicionador del suelo puede ser beneficioso, debido a que proporciona materia orgánica y nutriente a este medio. Aunque, si el lodo residual no es tratado antes de su aplicación, contaminantes como los patógenos y metales pesados pueden acumularse en el suelo para luego incorporarse en la cadena alimentaria, generando problemas en la salud humana (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p. 13).

Si bien los lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de agua residual doméstica contienen metales pesados, como: arsénico, mercurio, plomo, cadmio y cromo, estudios realizados anteriormente por Francisco, Ramos y Aguirre, 2011, señalaron que no superan los límites de toxicidad química establecidos en el Decreto Supremo N°015-2017-VIVIENDA.

Una tecnología simple y con menor coste de inversión es la utilización de microorganismos benéficos para acelerar el proceso de transformación de materia orgánica y eliminación de malos olores de lodos residuales. La aplicación de estos microorganismos en el desarrollo de digestión anaerobia eliminan el hidrógeno sulfuro para la desodorización del material, además mediante el proceso de compostaje perfecciona la eliminación de patógenos (Fioravanti et al., 2005).

A continuación en la tabla 1 se muestra antecedentes del proceso anaerobio para la desodorización del lodo residual

Tabla 1. Antecedentes de proceso anaerobio para la desodorización del material.

Autor	Reactor	Material precursor	Dosis de inocular	Condiciones de operación	Resultados
Ohta y Yukio (1987)	Caja de madera desodorizante con aeración	Heces de ganado con paja de arroz	10%	Temperatura: 30°C- 40°C	Logro la reducción de H ₂ S de 180 ppm a 0 ppm Identificación de bacterias desodorizantes: Corynebacterium spp, Flavobacterium spp y streptomyces
				pH: 7-9	
				Humedad: 35-52%	
				Porosidad: 2 a 2.5 L/Kg	
				Tiempo: 7 días	
Ikeda y Ohta (1978)	-	Heces de cerdo	20%	pH: 8.6 a 10	Reducción de H ₂ S de 725 ppm a 18 ppm Identificación de bacterias desodorizantes: Streptomyces griseus y antibioticus
				Temperatura: 35°C a 40°C	
				Humedad: 42% a 63%	
				Tiempo: 7 días	
Farghali et al. (2020)	Biodigestor anaerobio	Heces de ganado con desechos mineros	50%	Temperatura: 38°C	Reducción de H ₂ S desde 1400 ppm a 0 ppm
				Tiempo:30 días	
				pH: 7.23 a 7.28	
Mori et al. (1991)	Digestor anaerobio	Aguas residuales	30%	Temperatura: 25°C a 30°C	Reducción de H ₂ S desde 400 ppm a 3 ppm Identificación de bacterias desodorizantes: Thiobacillus
				pH: 7	
				Tiempo: 15 días	
Nakada y Ohta (1999)	-	Compost de heces de cerdo	70%	pH: 6 a 7.5	Reducción de H ₂ S desde 1500 ppm a 0 ppm Utilizaron Bacillus sp.
				Temperatura: 30°C a 40°C	
				Tiempo:24 horas	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°2 se muestra antecedentes para la eliminación de patógenos en el proceso de pre-compostaje.

Tabla 2. Antecedentes de proceso de pre-compostaje para la inactivación de patógenos

Autor	Material usado	Condiciones de operación	INACTIVACIÓN
Nair, Sekiozoic y Anda (2005)	Desechos de poda, papel triturado y desechos de cocina (200 gr)	pH: 7.5 a 9.4	<i>Salmonella spp</i>
		Humedad: 60% a 85%	
		Temperatura: 20°C a 60°C	<i>Escherichia coli</i>
		Tiempo: 21 días C:N 15:1 a 31:1	
Erickson et al. (2010)	Estiércol de pollo y cascara de maní (pila de 1.2 m ³)	pH: 8.61 a 8.75	<i>Escherichia coli</i>
		Humedad: 30% a 38%	
		Temperatura: 33°C a 56°C	
		Tiempo: 14 días C:N 14:1 a 20:1	
Russ y Yanko (1981)	Lodo residual y césped	Humedad: 30% a 38%	<i>Salmonella spp</i>
		Temperatura: 44°C	
		Tiempo: 15 días	
		C:N 14:1 a 18:1	
Manga et al. (2016)	Lodos fecales, plumas de pollo y desechos del mercado (Pila de 3m ³)	pH: 7-12	<i>Huevos de helmintos</i>
		Temperatura: 24-30°C	
		Tiempo: 28 días	
		C:N 14:1 a 18:1	

Fuente: Elaboración propia

Para Smith et al. (2009), el lodo residual: es el producto del proceso primario y secundario de las plantas de tratamiento de aguas residuales, dicho material se genera continuamente en forma de suspensión (p. 2570). Según Vélez (2006), los lodos residuales contienen: carbón orgánico, nitrógeno (N), fósforo (P) y metales pesados, tales como: zinc, cobre, níquel, cadmio, plomo, mercurio y cromo (p. 59). Además, contiene patógenos y otros contaminantes microbiológicos como organismos vivos, bacterias, virus, protozoos y helmintos (Vera et al., 2015, p. 2).

Las características que poseen los lodos residuales restringe la reutilización de manera directa. Por esta razón, los lodos residuales deben ser estabilizados. Trejos y Aguedelos (2012) mencionan que la estabilización busca reducir el volumen del material orgánico del lodo residual, eliminar olores, remover o eliminar la actividad patógena y/o elementos tóxicos (p. 19).

Los malos olores son causados debido a la presencia de determinados gases y/o vapores en concentraciones significantes (ppm) Las cuales son producidas a partir de la presencia de microorganismos que son de convertir materia en energía, mediante procesos de oxidación química con ausencia o presencia de oxígeno, formando amoniaco, hidrógeno de sulfuro y compuestos orgánicos volátiles (Muñoz, Lebrero y Estrada, 2010, p. 15).

El hidrógeno de sulfuro es un gas altamente corrosivo y toxico, incluso a bajas concentraciones puede producir efectos nocivos para los seres humanos, además también influye el tiempo de exposición a este gas (Yan, et al., 2018, p. 4).

Tabla 3. Efectos en diferentes concentraciones de H₂S

Concentración de H ₂ S	
Unidad (ppm)	EFFECTOS
0.1 – 0.2	Detección de olor
3 a 5	Olor Ofensivo
10	Límite de exposición ocupacional
50 a 100	Seria lesión a los ojos
150 a 200	Parálisis olfativo
300 a 500	Edema pulmonar, amenaza de vida
500 a 1000	Fuerte estimulación nerviosa de la respiración
1000 a 2000	Parálisis respiratorio, colapso de muerte

Fuente: Harriet, 1987, p. 2.

Los lodos residuales poseen organismos patógenos, los más comunes son: bacterias, hongos, virus, helmintos y protozoarios, los cuales son provenientes de excremento de animales o por fuentes humanas, además el contacto con estos patógenos presentan riesgos para la salud humana y animal (Strande, Ronteltap y Brdjanovic, 2016, p. 91).

Tabla 4 Clasificación de patógenos presentes en lodos residuales y sus efectos en la salud

GRUPO	AGENTES	EFFECTOS
BACTERIAS	<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre tifoidea, paratifoidea
	<i>Salmonella paratyphi</i>	Disentería bacilar
	<i>Shigella sp</i>	Cólera
	<i>Vibrio cholearea</i>	Gastroenteritis aguda diarreas
	<i>Escherichia coli</i>	Diarreicas
	<i>Salmonella spp</i>	
VIRUS	<i>Virus hepatitis a y e</i>	Hepatitis
	<i>Virus de la polio</i>	Poliomielitis
	<i>Virus de norwalk</i>	Gastroenteritis aguda y crónica
	<i>Rotavirus</i>	Meningitis
	<i>Enterovirus</i>	Enteritis
	<i>Adenovirus</i>	Infecciones respiratorias
PROTOZOA	<i>Entamoeba histolytica</i>	Disentería amebiana
	<i>Giardia lamblia instentinales</i>	Gastroenteritis
HELMINTOS	<i>Tacnia saginata</i>	Cisticercosis
	<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascariasis
	<i>Tricheris trichiuria</i>	Tricefalosis o tricuriasis
	<i>Taxocaria spp</i>	Toxoplasmosis

Fuente: Strande, Ronteltap y Brdjanovic, 2016, p. 91

Para lograr la estabilización de los lodos residuales los tratamientos más comunes son: digestión anaerobia, aerobia, cocción, pasteurización, entre otros.

La digestión anaerobia es el proceso por el cual el lodo residual es tratado sin necesitar oxígeno, en donde la materia biodegradable se descompone con tiempo y temperatura promedio de 15 días (35°C-55°C) o de 60 días a 20°C, oxidando sustancias orgánicas, reduciendo el volumen final de la muestra, produciendo potencial energético (Li, Chen, Wu, 2019, p. 121).

Los lodos residuales producen dióxido de carbono, metano e hidrógeno de sulfuro. (Momayez, Karimi y Taherzadeh, 2019, p. 673). Rubiano, Hurtado y Salamanca, (2017) menciona que en el proceso del tratamiento por digestión anaerobia logra eliminar u oxidar el hidrógeno de sulfuro (H₂S), se busca eliminar este gas debido a que representa un riesgo para la salud, ya que es un compuesto tóxico, corrosivo, oloroso, además señala que la reducción de este gas permite la producción más pura de biogás (p. 296).

Existen factores que se deben tomar en cuenta para realizar una digestión anaerobia:

pH-alcalinidad: Este proceso se puede dar en un rango de 6.2 hasta 7.8, siendo de 7 hasta 7.2 el pH óptimo y 6.2 un pH ineficiente, el nivel de pH puede variar dependiendo los microorganismos que sean empleados en el reactor (Kainthola, Kalamdhad y Goud, 2019, p. 86) .

Temperatura: Para Zhao y Liu (2019, p. 897), existen tres tipos de etapas:

- Psicrofila: La temperatura varía entre 6°C hasta 20°C
- Mesofílica: La temperatura se da entre 20°C hasta 40°C
- Termofílica: La temperatura varía entre 50°C y 65°C

Para Ometto et al. (2019, p. 66), el proceso de digestión anaerobia posee 4 etapas:

- **Hidrólisis:** En esta etapa se desea descomponer las moléculas complejas de la materia orgánica, tales como: lípidos (grasas), proteínas y carbohidratos, pero como no se puede reducir por microorganismos se hidrolizan por enzimas (producto de microorganismos hidrolíticos).

La proteína se transforma a aminoácidos mediante las proteasas (enzimas proteolíticas). Los lípidos mediante lipasas (enzimas hidrolíticas), genera ácidos grasos. Los productos de la descomposición de los materiales lignocelulósicos (celulosa, hemicelulosa y lignina) son: celobiasa y glucosa (proveniente de la celulosa); pentosas, hexosas y ácidos urónicos (proveniente de la hemicelulosa);

- **Acidogénica:** En esta etapa se desea fermentar la materia orgánica produciendo ácidos orgánicos (acético) y compuestos orgánicos (etanol, propiónico, butírico y valérico) mediante bacterias metanogénicas.
- **Acetogénica:** En esta etapa se produce acetato (CH_3COO^-) mediante la fermentación de: los ácidos orgánicos, etanol, ácidos grasos volátiles y compuestos aromáticos con bacterias acetogénicas.
- **Metanogénica:** Durante esta última etapa se reducen los aceptores electrones (manganeso, sulfato, nitrato, hierro y oxígeno), acumulando hidrógeno y dióxido de carbono. Después se elimina los compuestos orgánicos por completo, el CO_2 y H_2 para producir metano con la ayuda de microorganismos (metanógenos), además dichas bacterias transforman en metano a los ácidos orgánicos.

El pre-compostaje es el tratamiento en el cual la materia orgánica se degrada por acción de microorganismos, generando abono orgánico. Gou et al. (2018), mencionan que durante la producción del pre-compost se realizan procesos bioquímicos de estabilización de los residuos orgánicos el cual produce sustancias húmicas (p. 1301).

La composición y preparación de la materia orgánica antes del proceso del pre-compostaje influirá en la calidad del pre-compostaje que se desea obtener:

Relación carbono-nitrógeno: Cuanto contenido de carbono presenta un material en relación al nitrógeno. Una célula puede tener el 50% de carbono y el 15% de nitrógeno, aproximadamente. La relación óptima entre carbono-nitrógeno para una buena actividad microbiana es: 25:1 a 35:1 (Piñeiro et al., 2010, p. 114) y 25:1 a 30:1 (Eng, Gutiérrez y Fabela, 2008, p.150)

Temperatura: Ante esto, Bueno, Díaz y Cabrera (2008) menciona que para la reducción óptima de los patógenos en el proceso de pre-compostaje debe realizar en un rango de 50°C-55°C (p. 3). Aunque la temperatura variara según la etapa y los microorganismos que se encuentren en el proceso.

Humedad: Para transportar nutrientes y disolver sustratos se necesita agua. En el proceso de pre-compostaje, la humedad óptima se da entre el 30 a 55%, aunque dependerá de las características del material a compostar y del lugar a ser empleado. Cuando la humedad es mayor que 65% la reproducción microbiológica es minimizada debido a que la ausencia de oxígeno disminuye (Chew et al., 2018, p.8).

pH: La materia orgánica en la primera fase del pre-compostaje se transforma y forma ácidos orgánicos, generando que el pH disminuya. Luego con la formación de amoníaco el valor del pH ascenderá, llegando hasta 8.5 (etapa termófila), en la parte final el pH varía entre 7 hasta 8. El rango óptimo se encuentra entre 6.5 hasta 8 (Lewińska y Karczewska, 2019, p.5).

En los últimos años, la tecnología de los microorganismos benéficos ha recibido una mayor atención por sus múltiples beneficios (Kim et al., 2014, p. 358) mencionan que los MOB's al ser aplicados en el proceso para el tratamiento del lodo residual, permite la reducción del volumen del lodo residual, a su vez, ayuda a la eliminación de olores, patógenos y elementos tóxicos presentes en estos productos residuales.

Para la generación de los MOBs se emplean materiales lignocelulósicos (residuos de comida, agrícolas, entre otros.) y sustratos (la melaza, chancaca, etc.) (Vassilev y Olivera, 2016, p. 435).

Para Cardona y García (2017, p 15-17), los microorganismos benéficos contienen diferentes bacterias las cuales son:

- **Levaduras:** Produce hormonas y enzimas, promoviendo la división activa celular, sintetizando sustancias antimicrobianas.
- **Bacterias fotosintéticas o fototróficas:** Utilizan fuente de energía para sintetizar sustancias, materia orgánica y/o gases dañinos, impidiendo a su vez la emanación de olores fétidos en el proceso de putrefacción. Producen aminoácidos, azúcares, ácidos nucleicos, entre otros.
- **Bacterias ácido lácticas:** Generan ácido láctico a partir del producto de las levaduras y de las bacterias fotosintéticas, es un esterilizador de microorganismos patógenos. Producen metabolitos inhibidores, compuestos aromáticos y algunas sustancias que descomponen la materia orgánica más rápido.

Los biosólidos es el producto del proceso de estabilización del lodo residual, dicho material posee características físicas, químicas y/o biológicas que nos permite saber si se puede utilizar como acondicionador del suelo (Kumar Chopra y Kumar, 2017, p.340).

En el Perú existe un reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales, Decreto Supremo N°015-2017-VIVIENDA, en el cual considera al biosólidos como el subproducto resultante para la estabilización de la fracción orgánica de lodos residuales, los cuales se pueden clasificar en:

- **Clase A:** Sirve como acondicionador del suelo y/o mejoramiento. Se utiliza de la siguiente manera: uso en viveros; uso de suelos agrícolas (no se debe usar en cultivos que son consumidos sin ser cocidos; por último comercialización en empresas agrícolas que venden insumos, sector privado y empresas operadoras de residuos sólidos

- **Clase B:** Sirve para aprovechar los suelos, no se permite el contacto de la población ni de los animales. Se utiliza de la siguiente manera: uso agrícola y forestal; uso en lugares degradados (localizados a más de 100 m de la población y viviendas) y relleno sanitario.

Los biosólidos deben cumplir con los parámetros de higienización para poder reutilizarlos.

Tabla 5. *Parámetros para microorganismos patógenos en los biosólidos*

PARÁMETROS DE HIGIENIZACIÓN	
INDICADOR	CLASE A
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN FECAL	<i>Escherichia coli</i> < 1000 NMP/1 g ST
	<i>Salmonella spp</i> <1 NMP/10 g ST
INDICADOR DE HUEVOS DE HELMINTOS	<i>Huevos viables de helmintos</i> <1/4g ST

Fuente: Decreto Supremo N°15-2017-VIVIENDA

A partir de lo definido anteriormente, nos formulamos las siguientes preguntas:

- ¿El biotratamiento anaerobio y compostaje logra la estabilización del lodo residual proveniente de la PTAR de Cieneguilla?
- ¿Cuál es la dosis más óptima de Microorganismos Benéficos para la eliminación de H₂S en la estabilización de lodos residuales provenientes de la PTAR de Cieneguilla?
- ¿Las características microbiológicas finales del biosólido obtenido por el biotratamiento anaerobio y compostaje cumplen con los parámetros de higienización según el Decreto Supremo N°15-2017-Vivienda?

La justificación de este trabajo es que con este trabajo de investigación se podrá obtener más conocimientos sobre tecnologías para la obtención de biosólidos de calidad, además el producto de esta investigación ayudará a próximos estudios como referencia. La transformación de lodos residuales mediante tratamientos aerobios y anaerobios con la ayuda de microorganismos benéficos es una tecnología limpia y amigable con el medio ambiente. Por consiguiente, se espera conocer las condiciones operativas del tratamiento del lodo residual, para la obtención de calidad de un biosólido, comparando con las normas actuales para saber cómo se clasifica y el uso que se le puede dar, así mismo contrarrestar con los problemas ambientales tales como: disposición final inadecuada de residuos sólidos y contaminación de suelos.

La hipótesis general y específicas de este trabajo de investigación, son:

- El biotratamiento anaerobio y compostaje lograría la estabilización de lodos residuales proveniente de la PTAR de Cieneguilla
- Las diferentes dosis de microorganismos benéficos influyen en la eliminación de H₂S para la estabilización de lodos residuales provenientes de la PTAR de Cieneguilla.
- Las características finales del biosólido obtenidos por el biotratamiento anaerobio y compostaje cumplirían con los parámetros de higienización según el Decreto Supremo N°15-2017-Vivienda.

Los objetivos de este trabajo de investigación son:

- Estabilizar el lodo residual proveniente de la PTAR de Cieneguilla mediante biotratamiento anaerobio y compostaje.
- Determinar la dosis más óptima en de microorganismos benéficos en la estabilización para la eliminación de H₂S de lodos residuales provenientes de la PTAR de Cieneguilla.
- Comparar las características del biosólido obtenido por el biotratamiento anaerobio con los parámetros de higienización según el Decreto Supremo N°15-2017-Vivienda.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

El desarrollo del proyecto posee un enfoque cuantitativo: debido a que es secuencial y probatorio (análisis de datos), para dar respuestas precisas a las hipótesis planteadas (Hernández., Fernández y Baptista, 2010, p. 4).

El diseño experimental considero 4 tratamientos (T₀, T₁, T₂ y T₃); en el cual se consideró el mismo volumen de lodo residual a tratar (100 Litros), además se tuvo 2 procedimientos (Digestión anaerobia y pre-compostaje), En el primer proceso se añadió diferentes dosis de microorganismos benéficos (0%, 5%, 10% y 15%). El segundo proceso se realizó seguidamente del primero en el cual el material resultante se mezcló con 250 Kg de residuos verdes procedentes de cementerio a cada tratamiento. Además, los análisis se realizaron en 8 tiempos por cada proceso (Dia₀, Dia₃, Dia₅, Dia₇, Dia₉, Dia₁₁, Día₁₃ y Dia₁₅) y (Dia₁₆, Dia₁₈, Dia₂₀, Dia₂₂, Dia₂₄, Dia₂₆, Dia₂₈, Dia₃₀), respectivamente. Cabe mencionar que se realizó 3 réplicas por cada parámetro medido.

Tabla 6. *Diseño de investigación*

TRATAMIENTOS	VOLUMEN DE LODO RESIDUAL	Proceso		ANÁLISIS	
		Digestión anaerobia	Compostaje		
T ₀	100 litros	Solo lodo residual	Combinar el lodo residual con 250 Kg de residuos verdes de cementerio	Los análisis se dieron a los siguientes días: 0, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15,16, 18, 20 22,	Análisis fisicoquímicos.
T ₁	100 litros	Aplicación de microorganismos benéficos al 5% (5 Litros)	Combinar el lodo residual con 250 Kg de residuos verdes de cementerio		

T2	100 litros	Aplicación de microorganismos benéficos al 10% (10 Litros)	Combinar el lodo residual con 250 Kg de residuos verdes de cementerio.	24, 26, 28 y 30.	Análisis microbiológico
T3	100 litros	Aplicación de microorganismos benéficos al 15% (15 Litros)	Combinar el lodo residual con 250 Kg de residuos verdes de cementerio.		
TOTAL	400 Litros de lodo residual	30 Litros de Microorganismos Benéficos	1000 Kg de residuos de flores	30 días de tratamiento	

Fuente: Elaboración propia

2.2. Operacionalización de variables

Variable Independiente (X): Biotratamiento anaerobia y compostaje

La variable independiente, es aquella que puede ser aislada y manipulada por el investigador y cuyos efectos tienen una repercusión directa en la variable dependiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 122).

Variable dependiente (Y): Estabilización de lodos residuales

La variable dependiente, es aquella que cambia o es controlada por la variable independiente. En otras palabras, esta variable sirve para analizar el efecto de la variable independiente (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 122).

TÍTULO: Biotratamiento anaerobio y compostaje para la estabilización de los lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de agua residual, Cieneguilla 2019

Tabla 7. Matriz de consistencia

Variables		Problema	Hipótesis	Objetivo	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE	Biotratamiento anaerobio y compostaje	¿El biotratamiento anaerobio y compostaje logra la estabilización del lodo residual proveniente de la PTAR de Cieneguilla?	El biotratamiento anaerobio y compostaje lograría la estabilización de lodos residuales proveniente de la PTAR de Cieneguilla	Estabilizar el lodo residual proveniente de la PTAR de Cieneguilla mediante biotratamiento anaerobio y compostaje	Condiciones operacionales del biotratamiento anaerobio y compostaje	Tiempo	Días
						Temperatura	°C
					Dosis de microorganismos benéficos en el biotratamiento anaerobio y compostaje	Dilución de MB 0	%
						Dilución de MB 1	%
						Dilución de MB 2	%
Dilución de MB 3	%						
VARIABLE DEPENDIENTE	Estabilización de lodos residuales	¿Cuál es la dosis más óptima de Microorganismos Benéficos para la eliminación de H ₂ S en la estabilización de lodos residuales provenientes de la PTAR de Cieneguilla?	Las diferentes dosis de microorganismos benéficos influyen en la eliminación de H ₂ S para la estabilización de lodos residuales provenientes de la PTAR de Cieneguilla.	Determinar la dosis más óptima en de microorganismos benéficos para la eliminación de H ₂ S en la estabilización de lodos residuales provenientes de la PTAR de Cieneguilla	Características fisicoquímicas de la estabilización de lodos residuales	Humedad	%
						Materia Orgánica	%
						pH	
						H ₂ S	PPM

		¿Las características microbiológicas finales del biosólido obtenido por el biotratamiento anaerobio y compostaje cumplen con los parámetros de higienización según el D.S. N° 15-2017-Vivienda?	Las características finales del biosólido obtenidos por el biotratamiento anaerobio y compostaje cumplirían con los parámetros de higienización según el D.S. N° 15-2017-Vivienda.	Comparar las características del biosólido obtenido por el biotratamiento anaerobio con los parámetros de higienización según el D.S. N° 15-2017-Vivienda.	Características microbiológicas de la estabilización de lodos residuales	<i>Escherichia Coli</i>	NMP
						<i>Salmonella spp.</i>	NMP
						<i>Huevos viables de helmintos</i>	HH

2.3. Población, muestra y muestreo

Una población se define como un grupo de individuos el cual tienen características comunes (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p. 174).

Teniendo en cuenta la definición anterior, la población correspondiente en esta investigación es el volumen total del lodo residual proveniente de la planta de tratamiento de agua residual, ubicada en Cieneguilla, el cual se utilizó para los diferentes tratamientos que realizó en esta investigación.



Figura 1. Mapa de la planta de tratamiento de aguas residuales de Cieneguilla.

Hernández, Fernández y Baptista (2010), definen como muestra al subconjunto de la población establecida, es decir una porción del total, y que se tiene que delimitar con exactitud para obtener resultados similares a las que se obtendrán de toda población. (p. 171).

Se realizó un muestreo no-probabilístico debido a que la población no se escoge al azar, si no se selecciona según criterio personal e intencionalmente para obtener mejores análisis de datos.

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

2.4.1. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

En el presente proyecto de investigación se usó la técnica de observación donde se tomó nota de los datos obtenidos a través de las diferentes análisis, las cuales fueron realizadas en los laboratorios de la UNALM y AGQ Labs Perú, acreditadas por INACAL, justificando la validez y confiabilidad de los resultados de los análisis.



Además, se emplearon equipos de laboratorio (tabla 5) de la Universidad Cesar Vallejo, sede Lima-Este para las características fisicoquímicas de los procesos para la estabilización del lodo residual.




2.4.2. Validez y confiabilidad

La validez es determinada como el grado en cual una herramienta mide la variable del estudio, esto quiere decir que la herramienta mide la variable que se quiere medir y no otro. (Carmines y Zeller, 1987, p. 625).

La confiabilidad de un instrumento se puede obtener mediante repetidas mediciones al mismo sujeto u objeto de la investigación, como resultado se obtuvo rangos razonables iguales o muy parecidos (Babbie, 2000, p. 6).

Tabla 8 Validación de equipos para análisis de equipos fisicoquímicos

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	MODELO	IMAGEN
pH-metro	El método 4500-H ⁺ , es la medición del pH de una solución diluida, la cual mide la actividad de un ion hidrógeno por medición potenciométrica utilizando un electrodo de referencia (APHA, 2017)	HANNA HI 8424	
Estufa	El método 2540 se basa en la técnica de pérdida de peso debido a la temperatura y tiempo de secado. Para determinar el contenido de agua en una muestra se debe utilizar a 103-105°C con tiempo de 2 horas (APHA, 2017)	DAF/43	

Mufla	El método 5310, es el principio básico para la cuantificación de carbono orgánico, la destrucción de la materia orgánica se realiza por a elevadas temperaturas. Para la determinación de materia orgánica se calcina la muestra a 400°C por un periodo de 2 horas. (APHA, 2017)	HTCT03/15	
Detector Multi-gas	El método 4500-S ²⁻ sulfuro muestra las rutas de flujo analítico para las determinaciones de sulfuro en diversas condiciones y opciones. Para la determinación de hidrógeno de sulfuro por método cuantitativo se puede realizar con un equipo portátil (APHA, 2017). BH-4s, es un equipo portátil el cual puede detectar gases combustibles (O ₂ y CO) y toxicas (H ₂ S y LEL), continuamente y simultáneamente (Manual del usuario, 2008, p. 2).	BH-4s	
Termómetro digital	El método 2550, el cálculo o lectura de temperatura se utilizan de diversas formas (APHA, 2017). El termómetro digital es un sensor el cual mide la temperatura de cocción, ya sea en °C o °F, logra medir desde -50°C hasta 300°C o -58°F hasta 572°F (Manual del usuario, 2018, p.1)	TP-101	

Fuente: Elaborado por el autor

2.5. Procedimiento

Se consideró tres etapas para esta investigación (Imagen 4): La etapa I consistió en la caracterización del lodo residual. La etapa II comprendió en el proceso experimental: cultivo de microorganismos benéficos, construcción del reactor para el proceso de digestión anaerobia, eliminación del mal olor mediante el proceso de digestión anaerobia y disminución de la actividad patógena del lodo residual mediante el proceso compostaje a pequeña escala en 15 días (pre-compostaje); así como también los análisis de laboratorio. Finalmente, la etapa III residió en la obtención de resultados y análisis estadístico, para obtener las conclusiones del presente estudio.

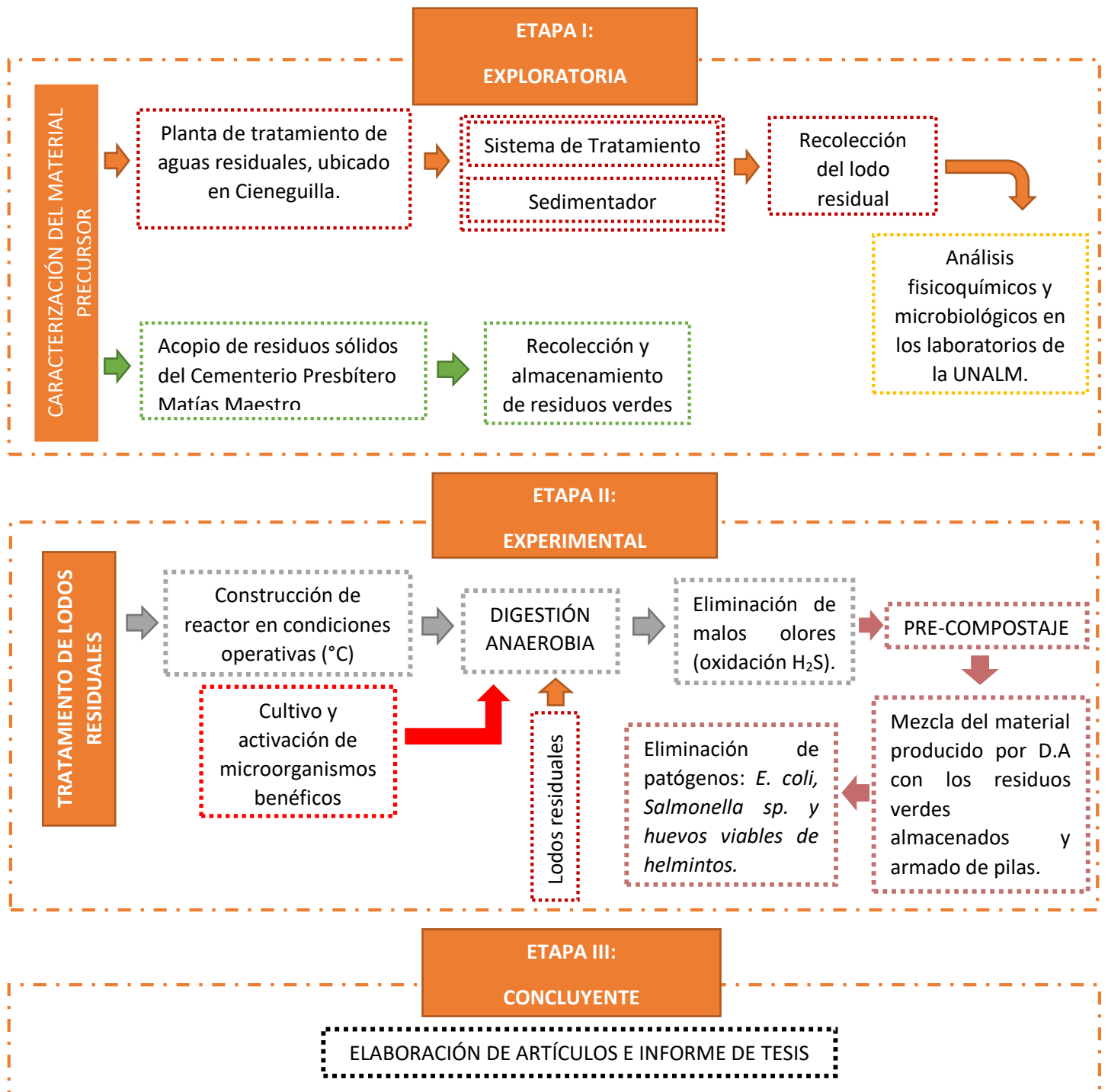


Figura 2. Método de investigación

2.5.1. Cultivo y activación de microorganismos benéficos

Se cultivó una muestra biológica de microorganismos benéficos a partir Col fresca (500 gr.), hígado cocido de pollo (100 gr.), Chancaca (100 gr) y sal (50 gr.). Primero se diluyó la chancaca en 1L de agua destilada, luego se con los ingredientes mencionados anteriormente, los cuales fueron triturados

previamente. Luego, se almacenó a temperatura ambiente. Después de 07 días, se observó un aspecto blanquecino en las paredes de la bolsa y un olor similar a la chicha de jora, convirtiéndose en un inóculo para multiplicar microorganismos benéficos (Meza, 2019, p. 11-14). Finalmente fueron activadas en 30 litros de chancaca diluida, para ser aplicadas en el proceso de digestión anaerobia.

2.5.2. Recolección de Materia prima

Para llevar a cada uno de los procesos (digestión anaerobia y compostaje), se recolecto 2 tipos de residuos: lodos residuales y residuos verdes.

- Los lodos residuales fueron recolectados y trasladados desde la planta de tratamiento de agua residual, ubicado en Cieneguilla. Se obtuvo 400 litros de lodo residual.
- Los residuos verdes fueron seleccionados de los diferentes puntos de acopio del cementerio Padre Eterno. Se recolecto alrededor de 1 tonelada de residuo verde.

2.5.3. Construcción del reactor anaerobio

Se construyó un reactor para el proceso de digestión anaerobia, con las siguientes dimensiones: largo, 200 cm, ancho, 50 cm y altura, 50 cm, con 1 cm de grosor. El reactor tiene 4 divisiones, con respecto a los diferentes tratamientos (T_0 , T_1 , T_2 y T_3), además cada división tiene un orificio, los cuales conectan por tubos a recipientes que contienen ácido sulfúrico 1N para capturar gas amoníaco (Ohta y Kuewada, 1987, p. 229)

2.5.4. Desodorización del lodo residual

El lodo residual se aireo durante 2 días para la obtención de la parte solida del material recolectado. Luego se colocó en el reactor y se mezcló con microorganismos benéficos para el proceso de digestión anaerobia, en las siguientes proporciones:

- **Tratamiento 0:** No se agregó microorganismos benéficos (Tratamiento control)
- **Tratamiento 1:** Se incorporó el 5% de microorganismos benéficos de la masa total del lodo residual (5 Litros).
- **Tratamiento 2:** Se incorporó un 10% de microorganismos benéficos de la masa total del lodo residual (10 Litros).

- **Tratamiento 3:** Se incorporó un 15% de microorganismos benéficos de la masa total del lodo residual (15 Litros).

El tiempo para este proceso fue de 15 días con una temperatura de 30°C.

2.5.5. Eliminación de patógenos

El producto del proceso de digestión anaerobia de cada tratamiento (T₀, T₁, T₂ y T₃), fue mezclado con 250 Kg residuos verdes. Además se realizó el armado de pilas con las siguientes mediciones: 1.5 m de largo, 0.5 m de ancho y 1 m de altura (Figura 4).

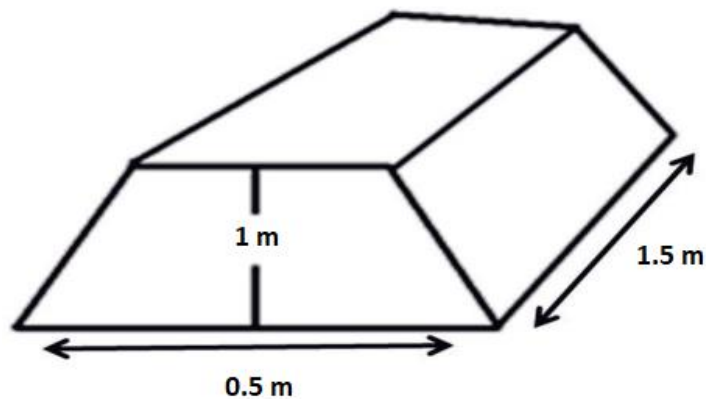


Figura 3. Estructura del pre-compostaje

El proceso de pre-compostaje se realizó a pequeña escala, durante 15 días, cumpliendo solo dos fases del proceso de compostaje: mesofila y termófila ó higienización.

2.5.6. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Para la primera fase (digestión anaerobia) se midió las propiedades fisicoquímicas y el Hidrógeno de sulfuro, para ello se recolectó una muestra de 250 gr aprox. por cada tratamiento, el análisis se realizó cada 2 días iniciado el tratamiento.

Para la segunda fase (pre-compostaje), se midió las características fisicoquímicas y microbiológicas (patógenos), para ellos se recolectó una muestra de 250 gr a 1 Kilo por cada muestra, además para los parámetros físico-químicos se analizaron cada 2 días y para los patógenos el primer y último día del proceso.

- **Parámetros fisicoquímicos**

Porcentaje de hidrógeno (pH)

Se determinó el pH con un potenciómetro. Primero se diluyó 20 gr de lodo residual en 50 ml de agua desionizada y se agitó durante 5 minutos en un agitador magnético con una revolución de 600 RPM (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015, p. 40-41).

Humedad

La ecuación empleada para este análisis es (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015, p.17):

$$H\% = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

P₁: Peso del crisol (gr).

P₂: Peso del crisol (gr) + Muestra húmeda a 105°C (gr).

P₃: Peso del crisol (gr) + Muestra seca (gr).

Materia Orgánica

La ecuación empleada para este análisis es (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015, p. 58):

$$M.O\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (2)$$

Dónde:

m₁: peso del crisol (gr)

m₂: peso del crisol (gr) + la muestra seca a 105°C (gr)

m₀: peso del crisol (gr) + la muestra incinerada a 400°C (gr)

- **Características microbiológicas**

Patógenos: El parámetro *E. Coli* fue analizado en el laboratorio de “Ecología Microbiana y Biotecnología – Mariano TABUSSO” y los otros parámetros fueron analizados por la empresa “AGQ labs Perú”.

- ✓ *E.coli*: se utilizó el método plasmado en el libro: International Commission on microbiological Specifications for foods, 1983.
- ✓ *Huevos viables de helminto*: NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental- Anexo V. Método para la cuantificación de huevos de helmintos.
- ✓ *Salmonella spp.*: NOM-004-SEMARNAT-2001, Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Anexo IV. Método para la cuantificación de *Salmonella spp* en lodos y biosólidos.

2.6. Método de análisis de datos

- Microsoft Excel: nos sirve para la presentación de gráficos y tablas, los cuales nos ayudaran a visualizar la variación de los datos obtenidos de los análisis iniciales y finales
- Prueba de Shapiro-wilk: Es una prueba eficiente, la cual se utiliza para comprobar la normalidad de una variable, considera que los datos de la muestra son menores a 50.
- Análisis de varianza (ANOVA): Es la prueba estadística la cual sirve para analizar si dos muestras distinguen significativamente entre sí.
- La Prueba de Tukey: Es la prueba estadística la cual comparar, es el resultante del producto del error estándar de la media por el valor tabular en la tabla de Tukey usando como numerador el número de tratamientos y como denominador los grados de libertad del error

2.7. Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos del presente trabajo de investigación, considera la veracidad y validez de los resultados, toda información extraída de otros investigadores fueron citadas y referenciadas bibliográficamente bajo el sistema de referencia de la norma ISO.

III. RESULTADOS

En la tabla 09 se presenta los resultados fisicoquímicos del lodo residual proveniente de la planta de tratamiento de agua residual, ubicada en Cieneguilla.

Tabla 9. *Análisis fisicoquímico del lodo residual*

Parámetros fisicoquímicos	Lodo residual
pH	6.81
C.E. (dS/m)	3.06
M.O. (%)	54.17%
H (%)	55.75
N (%)	2.87
P (%)	0.94
K (%)	0.199
Ca (%)	10.06
Mg (%)	0.82
Na (%)	0.11
DBO (mg/L)	116
SST (mg/L)	220
SSV (mg/L)	3000

Fuente: Elaboración propia

Además se realizó el análisis fisicoquímico de los microorganismos benéficos, obteniendo un pH menor a 4 lo cual indica que está listo para ser usado como inóculo (Tabla 10).

Tabla 10. *Análisis fisicoquímicos de los microorganismos Benéficos - MOBS*

Parámetro	Cantidad
pH	3.45
C.E (dS/m)	8
M.O (g/L)	81.45
N (mg/L)	1208
P (mg/L)	32.63
K (mg/L)	700
Ca (mg/L)	81
Na (mg/L)	6.1

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de evaluar el efecto de las diferentes dosis de microorganismos benéficos en el lodo residual para el proceso de digestión anaerobia se midió: el pH, el porcentaje de humedad, el porcentaje de materia orgánica y el hidrógeno de sulfuro (tabla 11). En el cual se puede evidenciar que los microorganismos benéficos no generan ningún cambio

significativo en el parámetro de pH, en cambio en el parámetro H₂S, humedad y materia orgánica se logra visualizar la disminución con respecto al tiempo.

Tabla 11. Resultados de análisis del proceso de digestión anaerobia

Tiempo	Mediciones	Tratamiento 0	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Día 0	pH	7.16±0.01	7.13±0.01	7.42±0.02	7.37±0.02
	Humedad (%)	65±0.01	62±0.02	66±0.01	68±0.02
	Materia Orgánica (%)	53±0.01	53±0.03	54±0.004	54±0.01
	H ₂ S (ppm)	140.3±0.6	137.7±2.5	139±1	140.3±1.5
Día 15	Ph	6.37±0.02	7.71±0.01	7.48±0.01	7.46±0.01
	Humedad (%)	26±0.01	56±0.02	51±0.02	57±0.01
	Materia Orgánica (%)	36±0.01	24±0.02	9±0.02	15±0.01
	H ₂ S (ppm)	68±1.5	54±1	1±1	47±1

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de desodorización se ha calculado por cada tratamiento (Tabla 12). El máximo porcentaje de desodorización se efectuó en el tratamiento 2. El porcentaje de la desodorización se calculó de la siguiente fórmula (Farghali et al., 2020, p. 143):

$$\text{Porcentaje de desodorización} = \left(1 - \frac{\text{Medición inicial del H}_2\text{S}}{\text{Medición final del H}_2\text{S}}\right) \times 100 \quad (1)$$

Tabla 12. Porcentaje de desodorización

TRATAMIENTOS	Porcentaje de desodorización
Tratamiento 0	51%
Tratamiento 1	61%
Tratamiento 2	99%
Tratamiento 3	67%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°13 se observa el análisis microbiológico de los microorganismos benéficos y el lodo residual con tiempo 0 y los tratamientos T0, T1, T2 y T3 con tiempo 15.

Tabla 13 Análisis microbiológico de microorganismos benéficos y lodo residual

Análisis Microbiológico	MB	Lodo residual	Tratamiento 0	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Recuento de Aerobios Mesó filos Viables (UFC/ml)	20 x 10 ⁴	5.4 x 10 ³	9.2 x 10 ³	23.5 x 10 ⁴	65 x 10 ⁷	1.3 x 10 ⁶
Recuento de Mohos y Levaduras (UFC/ml)	53X10 ⁴	2 x 10 ³	7.4 x 10 ³	88x10 ⁶	7x10 ⁸	81.2 x 10 ⁵
Actinomicetos (UFC/ml)	<10	0	0	79.4 x 10 ²	2.2 x 10 ³	3 x 10 ³

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 11 se evidencia que los parámetros *E. Coli* y *Huevos viables de helmintos* superan los valores declarados en el D.S. N°15-2017-VIVIENDA, mas no se puede saber con exactitud sobre el parámetro *Salmonella spp*, debido a que se realizó una prueba de detección mas no de cuantificación.

Tabla 14. Análisis microbiológico del lodo residual

Parámetros microbiológicos	
Enumeración de <i>coliformes totales</i> (NMP/10g)	>11 x 10 ⁶
Enumeración de <i>coliformes fecales</i> (NMP/10g)	>11x 10 ⁶
Enumeración de <i>Escherichia Coli</i> (NMP/10g)	>11x10 ⁶
Detección de <i>Salmonella spp</i> en 10 gr	Presencia
Conteo de larvas y <i>huevos viables de helminto</i> (N°/4g)	180

Fuente: Elaboración propia

Se realizó análisis microbiológicos y fisicoquímicos para evaluar el proceso de pre-compostaje. Se puede visualizar que para el tratamiento 2 se logró eliminar los parámetros microbiológicos (*E. Coli*, *Salmonella spp.* y *Huevos viables de helmintos*) al cabo de 15 días después de haber iniciado el proceso, siendo el único tratamiento que cumple con los parámetros de higienización reportados en el D.S. N°15-2017-VIVIENDA

Tabla 15. Resultado de análisis del proceso de pre-compostaje.

Tiempo	Mediciones	Tratamiento 0	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
DÍA 16	pH	6.74±0.01	6.95±0.02	7.18±0.01	7.38±0.02
	Temperatura (°C)	27.03±0.06	30.07±0.12	29.13±0.06	26.43±0.12
	Humedad (%)	73±0.02	63±0.02	56±0.01	58±0.02
	<i>E. Coli</i> (NMP/1g de ST)	11000000	11000000	11000000	11000000
	<i>Salmonella spp.</i> (NMP/10 g de ST)	40000000	75000	14000	9500
	Huevos viables de helmintos (hh/4g en ST)	160	150	120	98
	Carbono: Nitrógeno	20	23	36	46
DÍA 30	Ph	7.88±0.02	7.86±0.02	7.78±0.02	7.84±0.01
	Temperatura (°C)	48±0.10	59±0.10	66±0.25	62±0.15
	Humedad (%)	41±0.01	47.7±0.02	64.7±0.02	64±0.01
	<i>E. Coli</i> (NMP/1g de ST)	53±15	20±10	1±1	33±21
	<i>Salmonella spp.</i> (NMP/10 g de ST)	42±4	8±2	1±1	13±3
	Huevos viables de helmintos (hh/4g en ST)	86±4	20±2	1±1	26±26
	Carbono: Nitrógeno	16	20	27	39

Fuente: Elaboración propia

3.1 Resultados estadísticos

3.1.1. Pruebas de Normalidad para el proceso de digestión anaerobia

Tabla 16. Pruebas de normalidad del proceso de digestión anaerobia

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Tratamiento 0	0,964	3	0,637
Tratamiento 1	1,000	3	1,000
Mediciones de H2S			
Tratamiento 2	1,000	3	1,000
Tratamiento 3	1,000	3	1,000

Decisión

En la tabla se puede observar que cada tratamiento empleado posee normalidad, pues se encuentra por encima del nivel de significancia de 0,05. Ello quiere decir que se debe utilizar el Anova, para analizar si existen diferencias significativas entre los tratamientos empleados.

3.1.2. Prueba ANOVA

Tabla 17. Prueba ANOVA de los tratamientos de cada parámetro para el proceso de digestión anaerobia

		Suma de		Media		
		cuadrados	Gl	cuadrática	F	Sig.
Mediciones de H2S	Entre grupos	7626,250	3	2542,083	1906,562	0,000
	Dentro de grupos	10,667	8	1,333		
	Total	7636,917	11			

Nivel de significancia = 0,05

Decisión

Obteniendo como resultado que la significancia es inferior a 0,05, por lo cual se interpreta que existen diferencias significativas de las mediciones realizadas en el proceso de digestión anaerobia entre los diferentes tratamientos. Por ello, se debe utilizar la prueba Post-Hoc de Tukey para analizar qué tratamientos resultan diferentes a los demás.

3.1.3. Pruebas de Tukey

Tabla 18. Prueba Post-Hoc: HSD Tukey^a para las mediciones de H2S

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Tratamiento 2	3	1,0000			
Tratamiento 3	3		47,0000		
Tratamiento 1	3			54,0000	
Tratamiento 0	3				68,3333
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3

Para las mediciones del H₂S existe mayor efectividad en el tratamiento 2 ya que se diferencia de los demás tratamientos y se adecúa mejor al límite máximo de exposición de este gas de 20 ppm por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.

3.1.4. Pruebas de Normalidad

Tabla 19. Pruebas de normalidad del proceso pre-compostaje

	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
<i>ESCHERICHIA COLI</i>	Tratamiento 0	0,964	3	0,637
	Tratamiento 1	1,000	3	1,000
	Tratamiento 2	1,000	3	1,000
	Tratamiento 3	0,923	3	0,463
<i>SALMONELLA SPP</i>	Tratamiento 0	0,842	3	0,220
	Tratamiento 1	0,923	3	0,463
	Tratamiento 2	1,000	3	1,000
	Tratamiento 3	0,871	3	0,298
<i>HUEVOS DE HELMINTOS</i>	Tratamiento 0	0,855	3	0,253
	Tratamiento 1	0,964	3	0,637
	Tratamiento 2	1,000	3	1,000
	Tratamiento 3	1,000	3	1,000

Los resultados de la prueba de normalidad para cada tratamiento empleado mostraron valores superiores al nivel de significancia de 0,05, por lo cual se puede decir que las distribuciones de datos de los tratamientos analizados poseen comportamiento normal. Por lo cual se debe utilizar la prueba de Anova para analizar si existen diferencias significativas entre los tratamientos empleados.

3.1.5. Prueba ANOVA

Tabla 20. Prueba ANOVA del proceso de pre-compostaje

		Suma de		Media		
		cuadrados	Gl	cuadrática	F	Sig.
<i>ESCHERICHIA COLI</i>	Entre grupos	4375,583	3	1458,528	7,600	0,010
	Dentro de grupos	1535,333	8	191,917		
	Total	5910,917	11			
<i>SALMONELLA SPP</i>	Entre grupos	2900,333	3	966,778	111,551	0,000
	Dentro de grupos	69,333	8	8,667		
	Total	2969,667	11			
<i>HUEVOS DE HELMINTOS</i>	Entre grupos	12073,583	3	4024,528	862,399	0,000
	Dentro de grupos	37,333	8	4,667		
	Total	12110,917	11			

Los resultados de la prueba de Anova indican valores de significancia inferiores al nivel de 0,05. Por lo cual se puede indicar que las mediciones de los parámetros se diferencian significativamente entre los tratamientos. Por ello para analizar cuál tratamiento fue más efectivo en el pre-compost, utilizando la prueba Post-Hoc de Tukey.

3.1.6. Pruebas de Tukey

Tabla 20. Prueba Post-Hoc: HSD Tukey^a para el recuento final de *escherichia coli* en el proceso de pre-compostaje.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Tratamiento 2	3	1,0000	
Tratamiento 1	3	20,0000	20,0000
Tratamiento 3	3	33,3333	33,3333
Tratamiento 0	3		53,3333
Sig.		0,081	0,072

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3

Para las mediciones de las cantidades de *escherichia coli* existe mayor efectividad en el tratamiento 2 ya que se diferencia de los otros tratamientos y se adecúa mejor a los parámetros de higienización según el Decreto Supremo N° 15-2017-Vivienda.

Tabla 21. Prueba Post-Hoc: HSD Tukey^a para el recuento final de *Salmonella sp* en el proceso de pre-compostaje

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Tratamiento 2	3	1,0000		
Tratamiento 1	3	8,3333	8,3333	
Tratamiento 3	3		13,3333	
Tratamiento 0	3			42,0000
Sig.		0,062	0,238	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3

Para las mediciones de las cantidades de *salmonella spp* existe mayor efectividad en el tratamiento 2 ya que se diferencia del tratamiento 3, del tratamiento 1 y el tratamiento 0

y se adecúa mejor a los parámetros de higienización según el Decreto Supremo N° 15-2017-Vivienda.

Tabla 22. Prueba Post-Hoc: HSD Tukeya para el recuento final de huevos de helminto en el proceso de pre-compostaje

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Tratamiento 2	3	1,0000			
Tratamiento 1	3		19,6667		
Tratamiento 3	3			26,0000	
Tratamiento 0	3				85,6667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3

Para las mediciones de las cantidades de *huevos viables de helminto* existe mayor efectividad en el tratamiento 2 ya que se diferencia de los demás tratamientos y se adecúa mejor a los parámetros óptimos de higienización según el Decreto Supremo N° 15-2017-Vivienda.

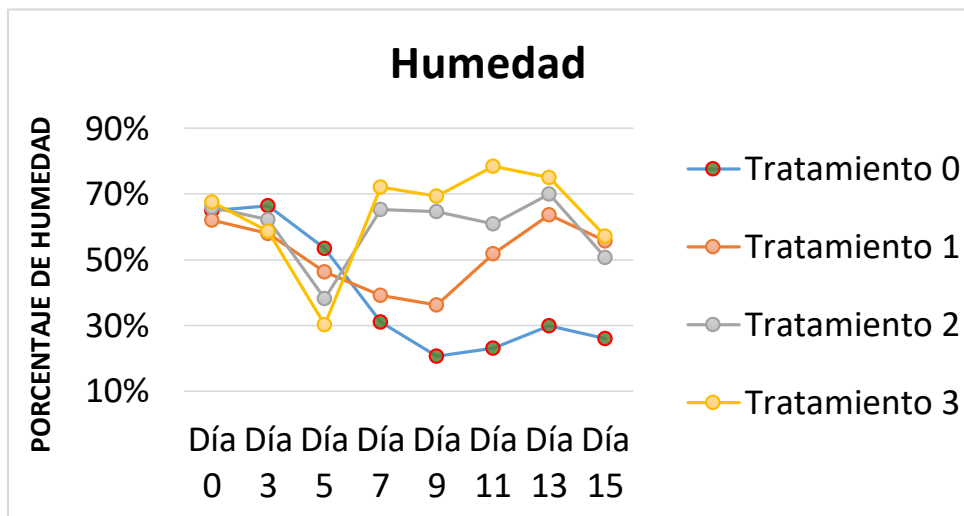
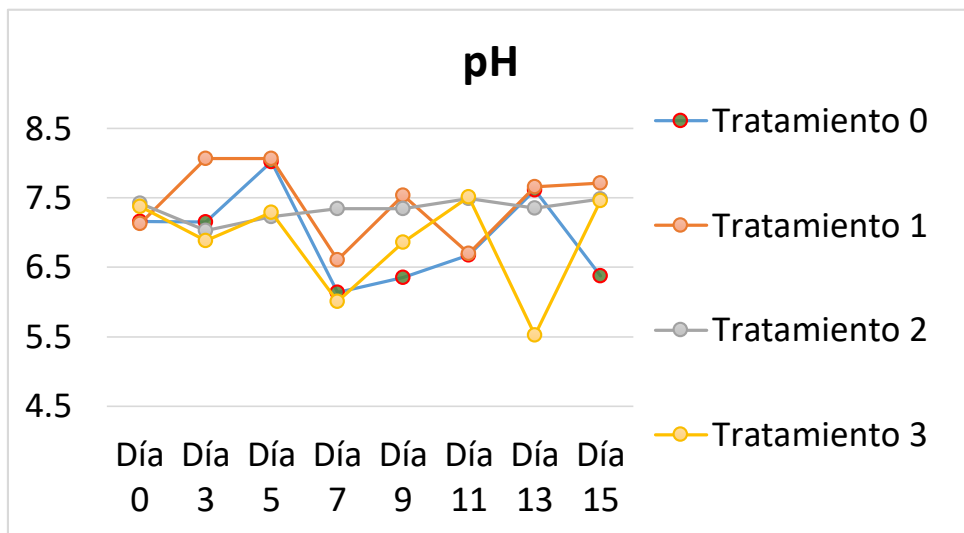
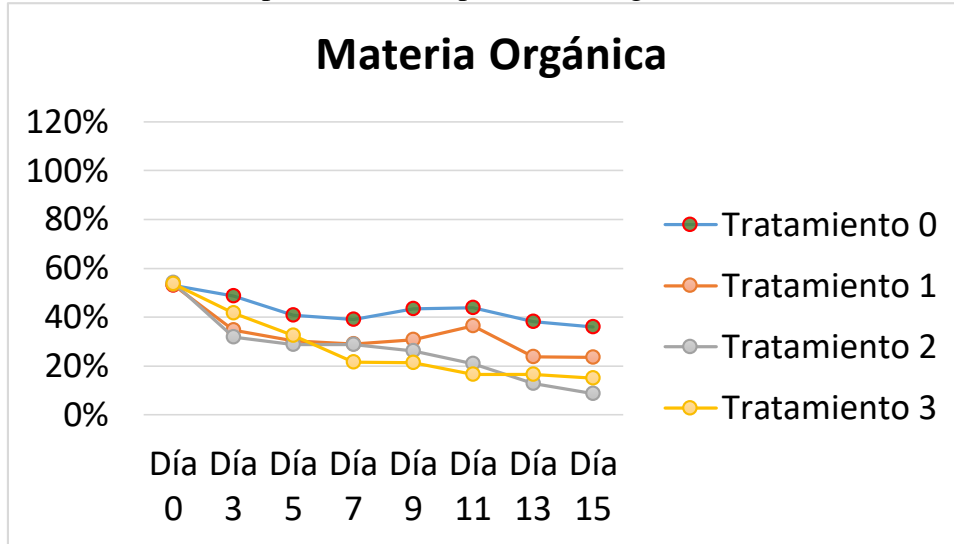
IV. DISCUSIÓN

Desodorización o remoción del hidrógeno de sulfuro del lodo residual.

Según los resultados que se obtuvieron de esta investigación se logró la desodorización, reduciendo el 99% de H₂S del lodo residual (Gráfico 2), en el tratamiento 2, en el cual se utilizó el 10% de microorganismos benéficos para el proceso de digestión anaerobia en las siguientes condiciones como: temperatura, 30°C, trabajando a temperatura mesofílica óptima para la reducción de H₂S en el proceso de digestión anaerobia (Zhao y Liu, 2019), pH de 7 a 8, encontrándose en el rango óptimo (6 – 8) para el desarrollo de bacterias sulfooxidantes (Etcharren, 2015), contenido de materia orgánica de 36% hasta 63%, indicando el alto contenido de microorganismos (Etcharren, 2015), este proceso duró 15 días. Sin embargo, en relación a los resultados de Ohta y Kuwada (1987) lograron la eliminación del mal olor, reduciendo el 100% de H₂S de heces de ganado, utilizando el 10% de un inóculo en condiciones óptimas como: temperatura, 30°C-40°C, pH 7-9 y contenido de materia orgánica de 35-52%, el proceso duró 7 días a que los autores adicionaron paja de arroz para acelerar el proceso de desodorización puesto que este material le dio el porcentaje de porosidad adecuada para la actividad microbiana (2 a 2.5 L/Kg).

Se midió la población microbiana del día 0 y 15 del tratamiento 02 en el cual se logró la desodorización al 99%, dando como resultado que: las bacterias mesofílicas se incrementó de 5.4×10^3 a 65×10^7 UFC/ml, lo cual se atribuye a la disminución de la materia orgánica (Cardona y Garcia, 2017) ; logro acrecentar mohos y levaduras desde 2×10^3 a 7×10^8 UFC/ml y de actinomicetos tuvo elevación de 1.2×10^2 hasta 2.2×10^3 UFC/ml (Tabla 12), este aumento puede atribuirse a que el pH es mayor a 5 y la temperatura reside en un rango de 28°C a 37°C (Cardona y Garcia, 2017); en relación a los resultados obtenidos se realizó una prueba organoléptica, la cual indicó disminución de olor en las cepas de actinomicetos y bacterias mesofílicas. De la misma manera, Ohta y Kuwada (1987), para identificar que microorganismos se encuentran presentes en el proceso de desodorización los autores realizaron la cuantificación de las bacterias mesofílicas, la cual se redujo desde 1.1×10^9 a 4.6×10^7 , además noto el incremento de bacterias termofílicas desde 1.1×10^7 hasta 7.5×10^7 , esto debido a que los autores trabajaron a temperaturas termofílicas (a partir de los 40°C), también realizó el recuento de actinomicetos, la cual incremento desde 5.2×10^6 a 6.3×10^7 , logrando identificar que los actinomicetos y las bacterias termofílicas lograron la desodorización.

Gráfico 1. Mediciones de parámetros del proceso de digestión anaerobia



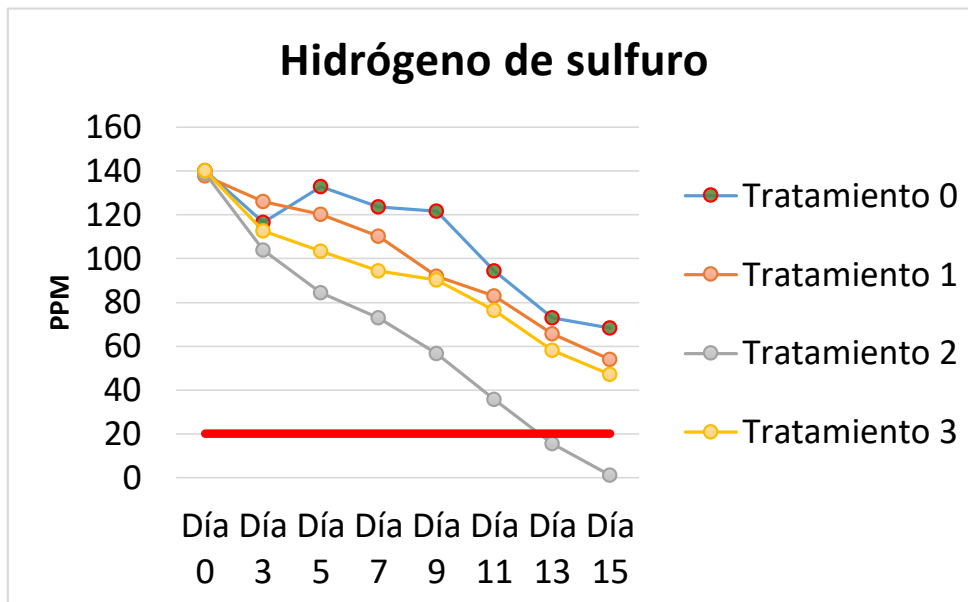
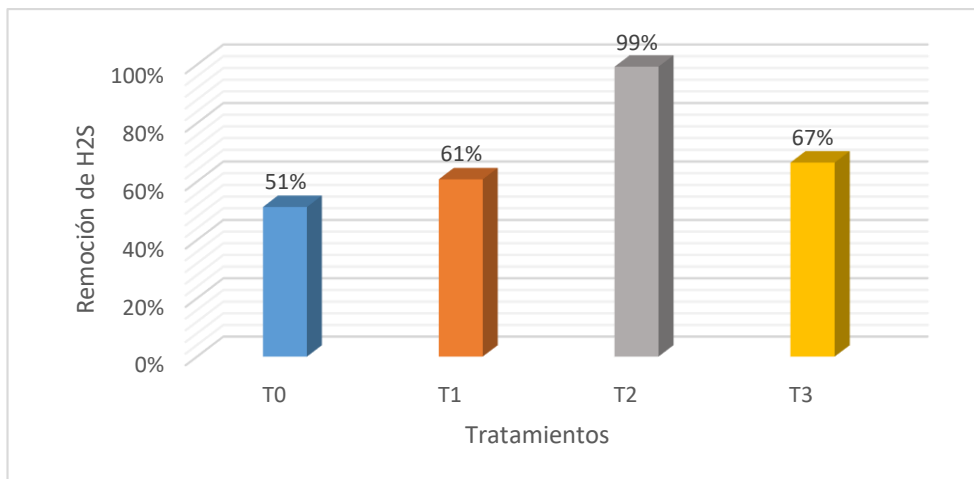


Gráfico 2. Porcentaje de desodorización.



Eliminación de patógenos en el proceso de pre-compostaje

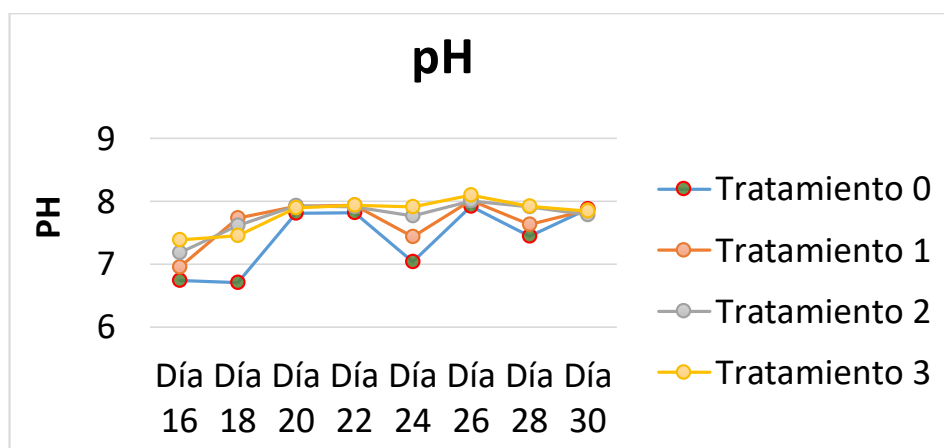
Según la FAO (2019), menciona que los parámetros ideales para el proceso de pre-compostaje en las primeras 2 semanas es: C:N, 25:1 a 35:1, humedad, 50% a 60%, tamaño de partícula, <25 cm, pH, 6.5 a 8, temperatura de 45°C a 60°C; además menciona que para utilizar como fertilizante el material pre-compostado debe cumplir con la relación NPK desde 1%-4%(N), 0.1-0.4%(P) y 1-4%(K) (p. 31). En relación a los resultados obtenidos a la presente investigación para el parámetro pH los tratamientos T₀, T₁ y T₂ se encuentra dentro del rango óptimo; para el parámetro, para el parámetro temperatura los tratamientos desde el día 8 logran alcanzar la temperatura mínima de 45°C, debido a que los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias son reemplazadas por aquellos que crecen a mayor temperatura (Bueno, Díaz y Cabrera, 2008), para el

parámetro humedad ninguno de los tratamientos cumple con lo recomendado, posiblemente debido a que la aireación en este proceso se realizó de manera manual y una vez por semana, para la relación C:N solo el tratamiento 02 se encuentra dentro del rango óptimo y para el parámetro NPK solo el tratamiento 02 se encuentra dentro del rango óptimo para poder ser utilizado como fertilizante (Grafico 3).

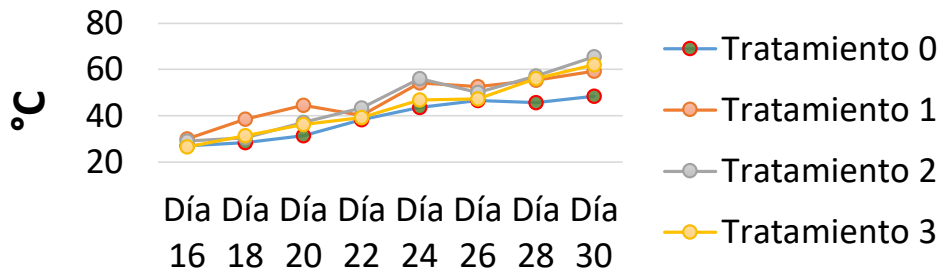
Para la eliminación de los patógenos la FAO, (2019) considera que el tiempo y la temperatura son factores que influyen en este proceso. Así como también afirma que para los microorganismos: *Salmonella spp*, solo se necesita una temperatura mínima de 55°C y constante por 1 hora; *Escherichia coli*, una temperatura mínima y constante de 55°C en 1 hora y para los *huevos* se inactiva en un tiempo de 3 días a 55°C.

Según estudios anteriores para la inactivación de la *Salmonella spp* y *Escherichi Coli* en el pre-compostaje de desechos de poda, papel triturado y desecho de cocina se registró una variación de temperatura de 20°C a 60°C (Nair, Sekiozoic y Anda, 2005). Además Erickson et al., (2010), realizo compostaje de estiércol de pollo y cascara de maní durante 14 días con una variación de temperatura de 33°C a 56°C, logrando la inactivación de *E.coli*. Además, se logró la inactivación de *Salmonella spp*. En el compostaje de lodo residual y césped con tiempo de 15 días y temperatura de 44°C (Russ y Yanko, 1981). Para la eliminación de *Huevos viables de helmintos* en el pre-compostaje de lodos fecales, plumas de pollo y desechos de mercado en un tiempo de 28 días con temperatura de 24°C a 30°C. En la presente investigación se logró la inactivación de estos tres microorganismos en 15 días con temperatura desde 27°C a 65°C. Se puede concluir que la temperatura y el tiempo a pre-compostar son factores que influyen en la inactivación de microorganismos, así como también influye el material a pre-compostar.

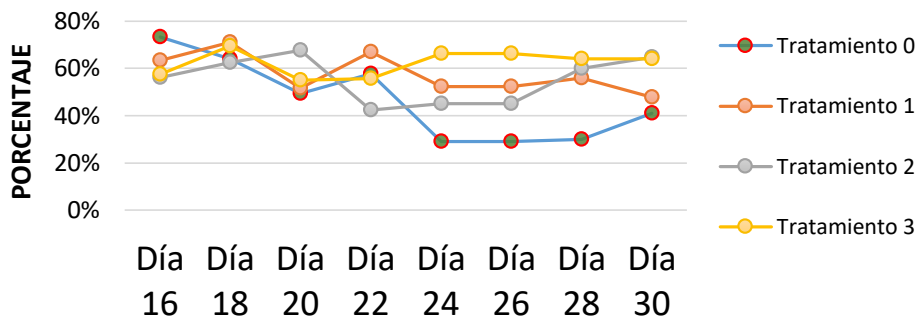
Gráfico 3. Mediciones de parámetros en el proceso de pre-compostaje.



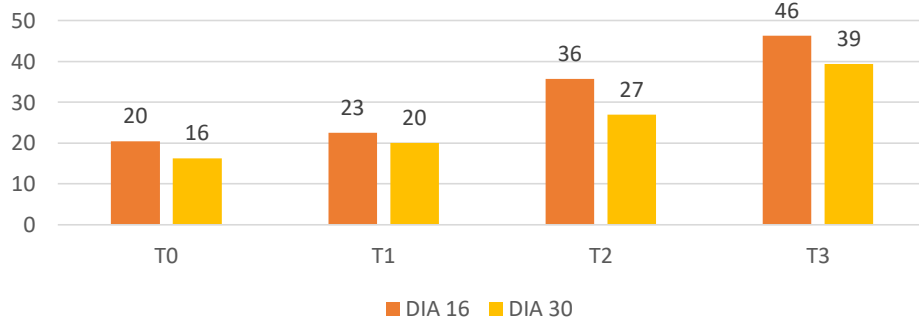
Temperatura



Humedad



C:N



NPK

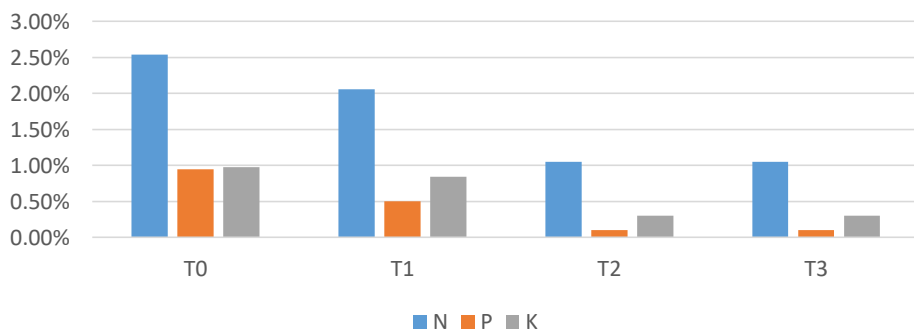
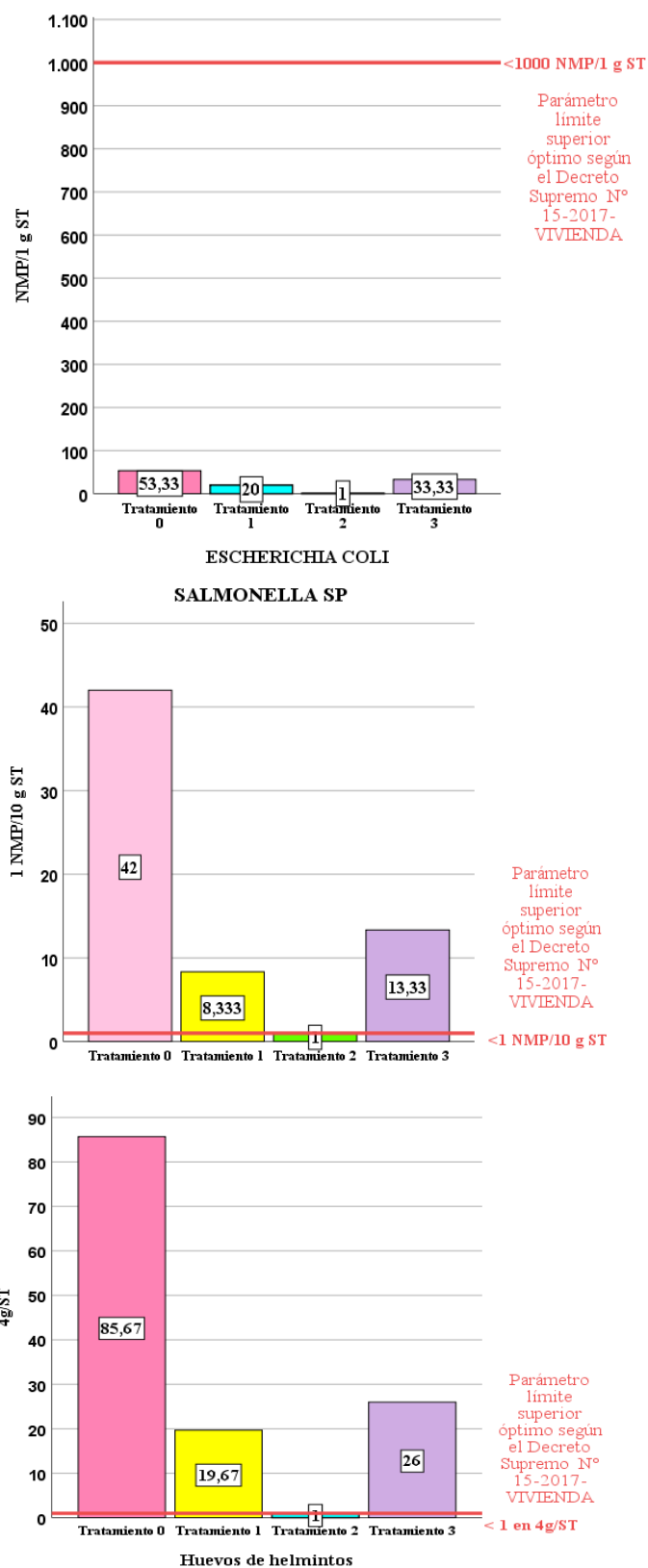


Gráfico 4. Medición final de patógenos del proceso de pre-compostaje



V. CONCLUSIONES

1. Se logró estabilizar el lodo residual proveniente de la planta de tratamiento de agua residual, ubicada en Cieneguilla, mediante la aplicación el 10% de microorganismos benéficos en el proceso de digestión anaerobio y pre-compostaje, reduciendo el H₂S hasta 0 ppm para la desodorización del lodo residual; además en dicho tratamiento se logró la eliminación la actividad patógena de: *E. coli*, *Salmonella spp* y *Huevos viables de helminto*.
2. Se determinó que la dosis adecuada de microorganismos benéficos en el proceso de digestión anaerobia para la estabilización de lodos residuales es el 10% de microorganismos benéficos del total del lodo residual. mediante la Prueba Tukey se corrobora que el tratamiento con mayor efectividad fue el tratamiento 02, así como también se comprobó que en este tratamiento el porcentaje de desodorización fue al 99%, además se corrobora organolépticamente que los actinomicetos, los mohos y levaduras son microorganismos que actúan en el proceso de desodorización.
3. Se concluye que las características finales del biosólido del tratamiento 2 obtenido por el proceso de biotratamiento anaerobio y pre-compostaje cumplen con los parámetros de higienización según el Decreto Supremo N°15-2017-Vivienda. Para el parámetro *Escherichia Coli*: en el tratamiento 0 se redujo a 54 NMP/1 g ST, en el tratamiento 1 se redujo a 20 NMP/1g ST, en el tratamiento 2 se eliminó este patógeno y para el tratamiento 3 se redujo a 33 NMP/1 g ST; cumpliendo lo establecido por el decreto Supremo N°15-2017-VIVIENDA (<1000 NMP/1g ST). Para el parámetro *Salmonella spp*: en el tratamiento 0 se redujo a 42 NMP/10 g ST, en el tratamiento 1 se redujo a 8 NMP/ 10 g ST, en el tratamiento 2 se eliminó este patógeno y para el tratamiento 3 se redujo a 13 NMP/10 g ST, siendo el tratamiento 2 el único que cumple con lo establecido por el decreto Supremo N°15-2017-VIVIENDA (<1 NMP/10 g ST). Para el parámetro *Huevos viables de helmintos*: en el tratamiento 0 se redujo a 85 hh en 4 g/ ST, en el tratamiento 1 se redujo a 19 hh en 4g/ST, en el tratamiento 2 se eliminó los *huevos viables de helminto* y en el tratamiento 3 se redujo a 26 hh en 4g/ST siendo el tratamiento 2 el único que cumple con lo establecido por el decreto Supremo N°15-2017-VIVIENDA (<1 hh en 4g/ST).

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la identificación de bacterias sulfo-oxidantes dentro del proceso de digestión anaerobia; además analizar su comportamiento en el tiempo.
2. El biosólido del tratamiento 02 obtenido por el proceso de digestión anaerobio y compostaje a 15 días (pre-compostaje) cumple con el Decreto Supremo N°015-2017-VIVIENDA por lo tanto puede ser usado como abono orgánico según la clasificación A.
3. Se recomienda que para el proceso de compostaje el material a pre-compostar tenga un tamaño de 2 a 5 cm para facilitar el proceso de aireación y la mezcla del material.
4. Se recomienda realizar análisis de metales pesados de lodos residuales y su comportamiento en el tiempo en los procesos de digestión anaerobia y compostaje.

REFERENCIAS

Anaerobic digestion: an engineered biological process por Ometto Francesco [et al]. Environmental Change [En línea]. 2019 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/B978-0-12-815554-7.00005-2

ANDRADES, Marisol, MOLINER, Ana y MASAGUER, Alberto. Practicas de edafologia: metodos didacticos para análisis de suelos. Logroño: Universidad de la Rioja, 2015. 78 pp.

ISBN: 978-84-608-5117-2

BUENO, Pedro, DIAZ, Jesus y CABRERA, Francisco. Capitulo 4. Factores que afectan al proceso de compostaje [En línea]. 2008 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019].

Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/20837>

Calibracion de la balanza analitica por Amaya Sergio [et al]. Universidad de Pamplona [en línea]. 2016 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en https://kupdf.net/download/1-balanza-analitica_5c9ae75fe2b6f5f14f7cb6b0_pdf

CHAPMAN, Homer y PRATT, Parker. Methods of analysis for soils, plants and waters [en línea]. California: Universidad de California, 1961. [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en doi:10.12691/wjar-2-1-3

CRESPO, Roberto, CASTAÑO, Jorge y CAPURRO, José. Forage Drying with microwave oven: effect on quiality Analysis. Technical Agrciculture [en línea]. 2007 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en doi:10.4067/S0365-28072007000200013

DELGADO, Marco, VANEGAS, Manuel y DELGADO, Gustavo. Metrologia Quimica I: Calibracion de un pH y control de calidad [en línea]. 2007. [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019].

Disponible en <http://revista.unanleon.edu.ni/index.php/universitas/article/download/2/2>

Densification of food waste compost: Effects of moisture content and dairy powder waste additives on pellet quality por Chew Kit Wayne [et al]. Process Safety and Environmental Protection [En línea]. Mayo 2018, Vol 116 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/j.psep.2018.03.016

Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ambiente de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento [en línea]. Perú: SUNASS, 2015 [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

Digital Stick Probe Thermometer. Tenma [en línea]. 2018. [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en http://www.farnell.com/datasheets/2647446.pdf?_ga=2.126714125.1460609461.1575734745-81394701.1575734745

Eficiencia de los microorganismos eficaces (EM) en la estabilización de lodos sépticos para su uso agrícola por Fioravanti [et al]. Universidad EARTH [en línea]. Junio 2005. [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en https://www.academia.edu/9370570/EFICIENCIA_DE_LOS_MICROORGANISMOS_EFICACES_EM_EN_LA_ESTABILIZACION_DE_LODOS_SEPTICOS_PARA_SU_USO_AGRICOLA

ENG, Felipe, GUTIERREZ, Mariano y FAVELA, Ernesto. Estudio del efecto de la relación carbono: nitrógeno, el tipo de inóculo y la adición de extracto de levadura en la producción de ácido jasmónico con *Botryodiplodia theobromae* Pat. cepa RC1. Revista Iberoamericana de Micología [En línea]. Septiembre 2008, Vol 25 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en [doi.org/10.1016/S1130-1406\(08\)70045-7](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(08)70045-7)

Estabilizacion de lodos residuales municipales por medio de la técnica de lombricompostaje por Vera Reza Ana Margarita [et al]. ResearchGate [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/267972657_ESTABILIZACION_DE_LODO

S RESIDUALES MUNICIPALES POR MEDIO DE LA TECNICA DE LOMBRI COMPOSTAJE

Evaluation of effective microorganism (EM) for treatment of domestic sewage por Karthick Raja Namsivayam [et al]. Journal of experimental Sciences [en línea]. Enero 2011, vol. 2. [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/229085089_Evaluation_of_Effective_Microorganism_EM_for_treatment_of_domestic_sewage

Fate of manure borne pathogen surrogates in static composting piles of chicken and peanut hulls por Erickson Mariclyn [et al]. Bioresource Technology [En línea]. Septiembre 2009 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/j.biortech.2009.08.105

Full-scale biological treatment of tannery wastewater using the novel microbial consortium BM-S-1 por Kim In- Soo [et al]. Journal of Environmental Science and Health, Part A [En línea]. 26 Agosto 2014 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en [doi:10.1080/10934529.2014.846707](https://doi.org/10.1080/10934529.2014.846707)

HARRIET, Aman. A new look at physiologic respiratory response to H2SS poisoning [en línea]. Estados Unidos:Environmental criteria and assessment office-U.S. Environmental protection agency, 1987 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en <https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults.xhtml?searchQuery=PB87208344&starDB=GRAHIST>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y Baptista, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 5.ª ed. Mexico: McGrawHill/Interamericana editores, S.A. de C.V., 2010. Recuperado de: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%20de%20Edici%C3%B3n.pdf

ISBN: 978-607-15-0291-9

Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions por Guo Xiao [et al]. Science of The Total Environment [En línea]. 20 Abril 2019, Vol 662 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.137

Hydrogen sulfide formation control and microbial competition in batch anaerobic digestion of slaughterhouse wastewater sludge: Effect of initial sludge pH por Li Yan [et al]. Bioresource Technology. [En línea]. Marzo 2018. [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi:10.1016/j.biortech.2018.03.011

Kainthola, Jyoti, KALAMDHAD, Ajay y GOUND, Vaibhav. A review on enhanced biogas production from anaerobic digestion of lignocellulosic biomass by different enhancement techniques. Elsevier [En línea]. Septiembre 2019, Vol. 84 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.023

KUMAR, Vinod, KUMAR, Ajendra y CHOPRA. A review on Sewage Sludge (Biosolids) a Resource Sustainable Agriculture. Archives of agriculture and environmental Science [En línea]. Diciembre 2017 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/321457555_A_Review_on_Sewage_Sludge_Biosolids_a_Resource_for_Sustainable_Agriculture

LEWIŃSKA, Karolina y KARCZEWSKA, Anna. A release of toxic elements from military shooting range soils as affected by pH and treatment with compost. Geoderma [En línea]. 15 Julio 2019, Vol 346 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi:10.1016/j.geoderma.2019.03.031

LI, Yue, CHEN, Yinguang y WU, Jiang. Enhancement of methane production in anaerobic digestion process: A review. Elsevier [En línea]. Abril 2019, vol. 43. [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.243

LOBKOWICZ, Frederick y MELISSINOS, Adrian. Physics for scientists and engineers [en línea]. 1975. [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en https://issuu.com/laboratorio/laboratorio_hu/doc/manual_de_mantenimiento_para_equi_pos_de_laborator/122 ISBN: 9780721657936

Manejo de Lodos Fecales: Un efecto sistémico para su implementación y operación. Environmental science [En línea]. Europa: IWA Publishing, 2016. [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en <https://oopen.org/search?identifier=640134>

MEZA, Victor. Informe de production de mobs, ensilados y genkydamas. Programa de doctorado en Ingenieria y Ciencias ambientales (DICA), 2017.

MENDOZA, Leopoldo y ROJAS, Rebeca. Utilizacion de biosólidos para la recuperación energética en Mexico [en línea]. Vol.7. N°2. Julio-Diciembre 2012. [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a06.pdf>

Microbial corrosión of concrete sewer pipes, H₂S production from sediments and determination of corrosión rate por Mori, T [En línea]. Abril 1991, Vol. 23 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en doi.org/10.2166/wst.1991.0579

MONJE, Carlos. Metodlogia de la investigacion cuantitativa y cualitativav(Guia didactica) [en línea]. Colombia: Universidad Surcolombia, 2011 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/19096448/Gu%C3%ADa-did%C3%A1ctica-Metodolog%C3%ADa-de-la-investigaci%C3%B3n-Monje-Carlos-Arturo/>

MOMAYEZ, Forough, KARIMI, Keikoshoro y TAHERZADEH, Mohammad. Energy recovery from industrial crop wastes by dry anaerobic digestión: A review. ElSeiver [En línea]. Marzo 2019, Vol. 129 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019].

Disponible en doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.051

MUÑOZ, Raul, LEBRERO, Raquel y Estrada, Jose. Caracterizacion y gestión de olores en estaciones depuradoras de agua residuales. Graficas Germinal S.C.L. [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/33737>

ISBN 978-84-693-4273-2

NAIR, Jaya y SEKIOZOIC, Vanja y ANDA, Martin. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste [En línea]. Septiembre 2005 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/j.biortech.2005.09.020

NAKADA, Yuki y OHTA, Yoshiyuki. Purification and properties of hydrogen sulfide oxidase from bacillus sp. BN 53-1. [En línea]. Noviembre 1998, vol. 87 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en [doi.org/10.1016/S1389-1723\(99\)80093-0](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(99)80093-0)

OHTA, Yoshiyuki e IKEDA, M. Deodorization of pig feces by actinomicetes. [En línea]. Septiembre 1978 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC243073/>

OHTA, Yoshiyuki y KUWADA, Yukio. Rapid deodorization of cattle feces by microorganisms [en línea]. Octubre, 1987. [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en [doi.org/10.1016/0269-7483\(88\)90064-X](https://doi.org/10.1016/0269-7483(88)90064-X)

Pathways of Grazing Effects on Soil Organic Carbon and Nitrogen por Gervasio Piñeiro [et al]. Rangeland Ecology & Management [En línea]. Enero 2019, Vol 63 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi:10.2111/08-255.1

Portable Multi-gas detector user manual. Bosean Electronic Technolgy Co., Ltd [en línea]. ISO9001-2008 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en <https://www.manualslib.com/manual/1563534/Bosean-Electronic-Technology-Bh-4s.html#manual>

Prospects for biogas production and H₂S control from the anaerobic digestion of cattle manure: The influence of microscale waste iron powder and iron oxide nanoparticles por Farghali Mohamed [et al]. Universidad de agricultura y medicina veterinaria [en línea]. Junio 2019 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0956053X1930635X?token=C328C1BF7F0256DCE2F4E0BF955EEC14B7C67BD9819B274C37A8AF7FF6370BC34ED9C5DDF05CE34D2C5C2563EE66D5C0>

RODRÍGUEZ, Natalia, MCLAUGHLIN, Michael y Pennock, Daniel. La contaminación del suelo: una realidad oculta [en línea]. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, 2019 [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

RUBIANO, Carolina, HURTADO, Aura e IGNACIO, Jose. Búsqueda de bacterias oxidadoras de azufre para su potencial uso en la producción de biogás de alta pureza. Universidad Nacional Abierta y a Distancia [En línea]. 2017, Vol. 09 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2185>

RUSS, Charles y YANKO, William. Factors affecting Salmonellae Repopulation in composted sludges [En línea]. Marzo 1981 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7224626>
ISBN 978-92-5-131639-9

Sewage sludge based adsorbents: A review of their production, properties and use in wáter treatment applications por Karl Smith [et al]. Water Research [en línea]. Junio 2009, Vol. 43 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.02.038>

SCHLECHT, Paul. Global Atlas of excreta, Wastewater sludge, and biosolids [en línea]. Estados Unidos: United Nations Human Settlements Programme, 2008 [Fecha de

consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en:
<http://mirror.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2551&AspxAutoDetectCookieSupport=1>

ISBN: 978-92-1-132009-1

The fate of helminth eggs during the co-composting of faecal sludge with chicken feathers and market waste por Manga Musa [et al]. Researchgate [En línea]. Septiembre 2016 [fecha de Consulta 10 de Junio de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/311570573_The_Fate_of_Helminth_eggs_during_the_Co-composting_of_Faecal_Sludge_with_Chicken_Feathers_and_Market_waste

TREJOS, Mariana y AGUADELO, Cardona (2012). 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 biosollidos. Tesis (título de administrador ambiental). Pereira: Universidad Tecnologica de Pererira. Recuperado de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/2775>

VASSILEV, Nikolay y OLIVERA, Gilberto. Solid-state fermentation and plant-beneficial Microorganisms. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering [En línea]. 2018 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019]. Disponible en doi.org/10.1016/B978-0-444-63990-5.00019-0

VÉLEZ, Juan. Los bio-solidos ¿una solución o un problema?. Producción más limpia [En línea]. Junio 2007. [Fecha de consulta: 4 de Diciembre de 2019]. Disponible en http://lasallista.edu.co/fxcu/media/pdf/RevistaLimpia/vol2n2/PL_V2N2_57-71_biosolidos.pdf

ZHAO, Qian y LIU, Yu. Is anaerobic digestion a reliable barrier for deactivation of pathogens in biosludge?. Science of The Total Environment [En línea].Junio 2019, Vol. 668 [Fecha de consulta: 4 de Abril de 2019].

Disponible en doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.063

ANEXOS

Anexo 1 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Anexo 1.1 Análisis fisicoquímico inicial del lodo residual



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA CIENEGUILLA
MUESTRA DE : LODO RESIDUAL
REFERENCIA : H.R. 70209
BOLETA : 3575
FECHA : 16/10/19

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
1004	-	6.81	3.06	54.17	2.87	2.14	0.24

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
1004	-	10.06	0.82	55.75	0.11



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 1.2 Análisis microbiológico inicial del lodo residual



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1910411- LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERRERO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

**MUESTRA : LODO RESIDUAL
(1910411)**

PROCEDENCIA : Rimac - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 10 - 07
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 10 - 07
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 10 - 07
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 10 - 15

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1910411
¹ Enumeración de coliformes totales (NMP/ 1g.)	> 11 x 10 ⁶
¹ Enumeración de coliformes fecales (NMP/ 1g)	>11 x 10 ⁴
¹ Enumeración de Escherichia coli (NMP/ 1g)	>11 x 10 ⁴
¹ Detección de Salmonella sp. en 10g.	Presencia
² Conteo de larvas y huevos de Helminfos (N°/4g)	18

NOTA: Los valores < 3 y < 10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

²Standard Methods for the Recovery and Enumeration of Helminth Ova in Wastewater, Sludge, Compost and Urine-Diversion Waste in South Africa.(2008), Water Research Commission, Part 2. WRC Report N° TT322/08.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

p. D. Zúñiga Dávila



DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

La Molina, 17 de octubre de 2019

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Fuente: elaborado por el autor.

Anexo 2. Análisis microbiológico para el proceso de pre-compostaje

Anexo 2.1. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 0 (Dia 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911490 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERRERO

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO

1911490) TRATAMIENTO 0 – 0%

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 11
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911490
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	70

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acriba.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.



La Molina, 22 de noviembre de 2019

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmnt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmnt@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.2. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 1 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911491 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO

1911491) TRATAMIENTO 1 – 5%

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 11
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911491
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	> 11 x 10 ²

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: imt@lamolina.edu.pe



La Molina, 22 de noviembre de 2019

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: imt@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.3. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 2 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911492 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO

1911492) TRATAMIENTO 2 – 10%

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 11
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 18

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911492
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	> 11 x 10 ²

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



La Molina, 22 de noviembre de 2019

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.4. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 3 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911493 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO

1911493) TRATAMIENTO 3 – 15%

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 11
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 11
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 16

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911493
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	> 11 x 10 ²

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.



La Molina, 22 de noviembre de 2019

DRA. DORIS ZÚNIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

LABORATORIO DE ECOLOGÍA MICROBIANA Y BIOTECNOLOGÍA "MARINO TABUSSO"

☐ (511) 614-7800 anexo 274 - E-mail: lmt@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.5. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 0 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911543 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO

1911543 TRATAMIENTO 0 – 0%

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 25
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 12 - 02

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911543
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	45
² Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	55
³ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	55

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Diciembre de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.6. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 1 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911544 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

**MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO
1911544 TRATAMIENTO 1 - 5%**

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 25
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 12 - 02

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911544
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	20
² Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	20
³ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	20

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Diciembre de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.7. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 2 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N°1911545 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

**MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO
1911545 TRATAMIENTO 2 - 10%**

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 25
FECHA DE INICIO DE ENSAYO :
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 12 - 02

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911545
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	0
² Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	1
³ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	1

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Diciembre de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

Teléfono: 6147800 anexo 274

E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 2.8. Recuento de Escherichia Coli en el tratamiento 3 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Perú
Teléfono: 6147800 anexo 274



INFORME DE ENSAYO N° 1911546 - LMT

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROA

DESCRIPCIÓN DEL OBJETO ENSAYADO

MUESTRA : LODO DE PTAR TRATADO
1911546 TRATAMIENTO 3 - 15%

PROCEDENCIA : Cieneguilla - Lima
TIPO DE ENVASE : Bolsa de plástico.
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra x 01 und. x 250 g. aprox.
ESTADO Y CONDICIÓN : En buen estado y cerrado
FECHA DE MUESTREO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019 - 11 - 25
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 2019 - 11 - 25
FECHA DE TÉRMINO DE ENSAYO : 2019 - 12 - 02

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Análisis Microbiológico	Muestra 1911546
¹ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	35
² Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	35
³ Enumeración de <i>Escherichia coli</i> (NMP/g.)	30

NOTA: Los valores < 3 y <10 indican ausencia de microorganismos en ensayo.

Métodos:

¹International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp. 2000. Editorial Acribia.

Observaciones:

Informe de ensayo emitido sobre la base de resultados de nuestro laboratorio en muestras proporcionadas por el solicitante.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin nuestra autorización escrita.

Validez del documento:

Este documento tiene validez sólo para la muestra descrita.

La Molina, 02 de Diciembre de 2019

DRA. DORIS ZÚÑIGA DÁVILA

Jefe del Laboratorio de Ecología Microbiana
y Biotecnología "Marino Tabusso"
Universidad Nacional Agraria La Molina

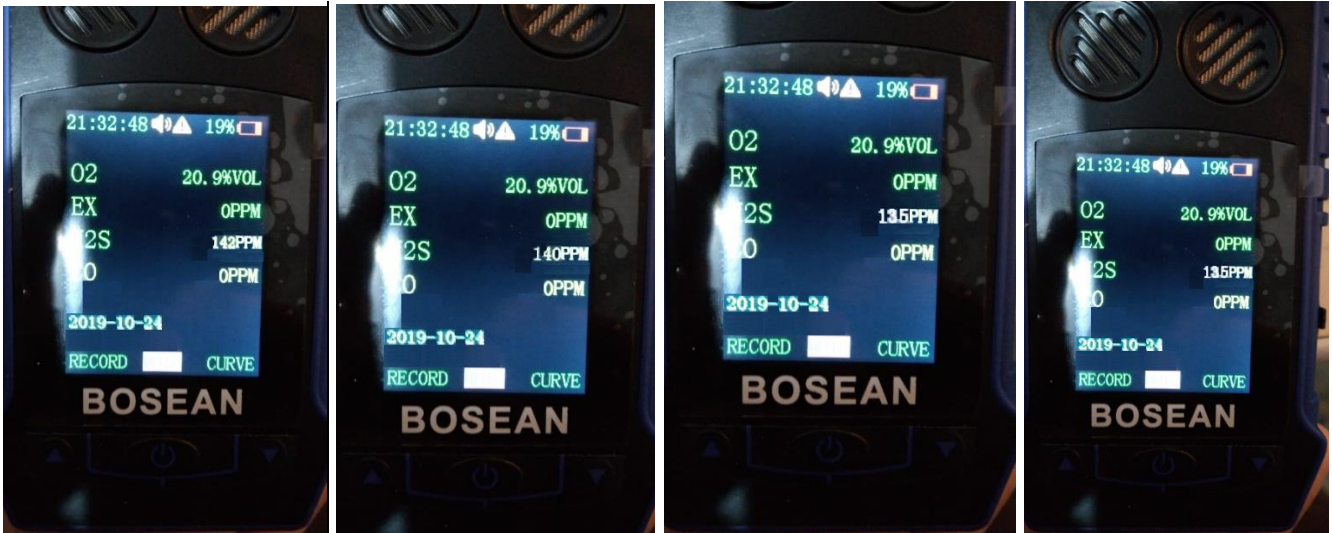
Teléfono: 6147800 anexo 274
E-mail: lmt@lamolina.edu.pe



Fuente: Elaborado por el autor

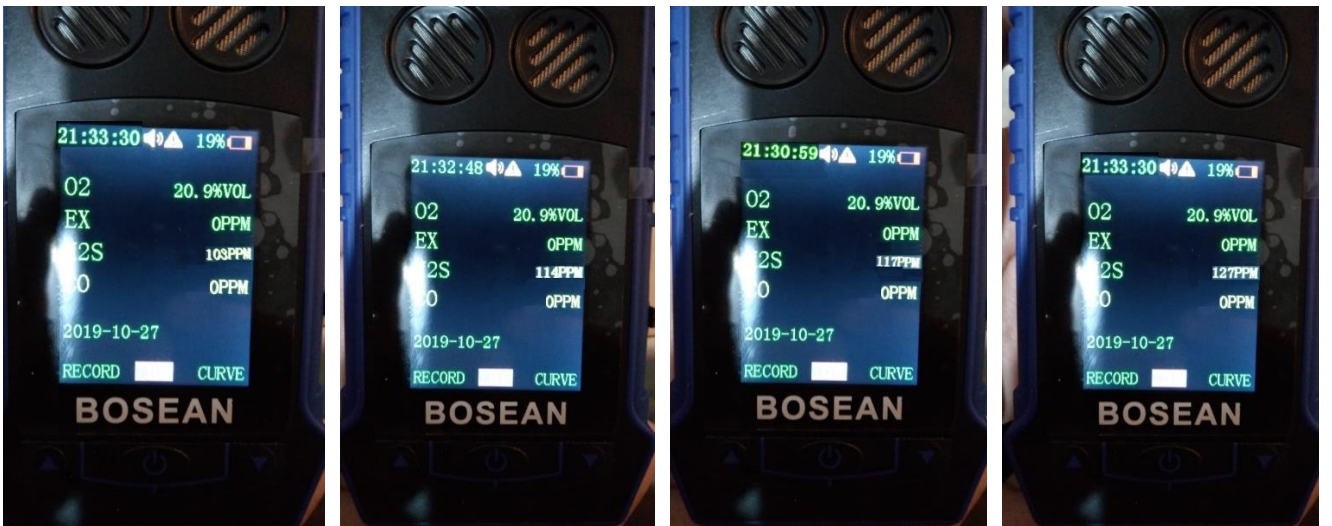
Anexo 3. Medición de H₂S

Anexo 3.1 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 0 (Día 0).



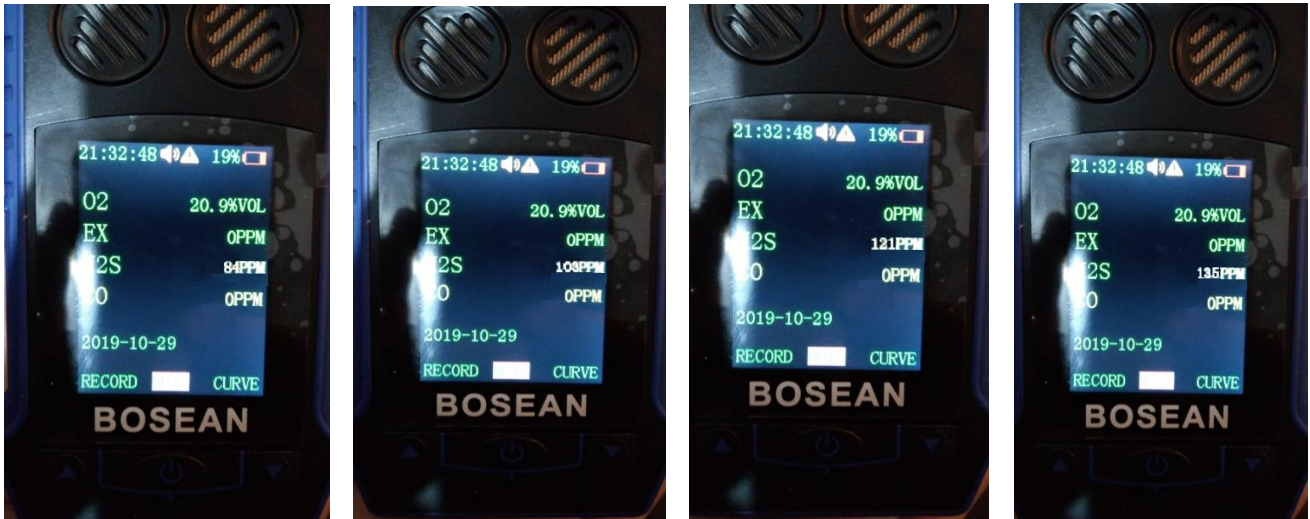
Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.2 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 01 (Día 2)



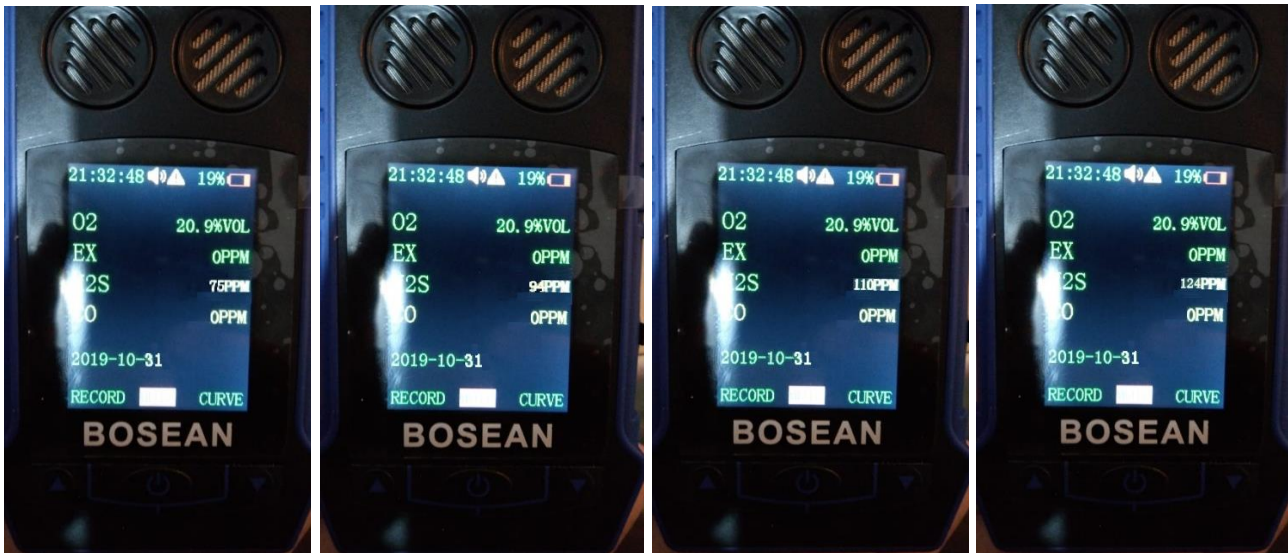
Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.3 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 02 (Día 04)



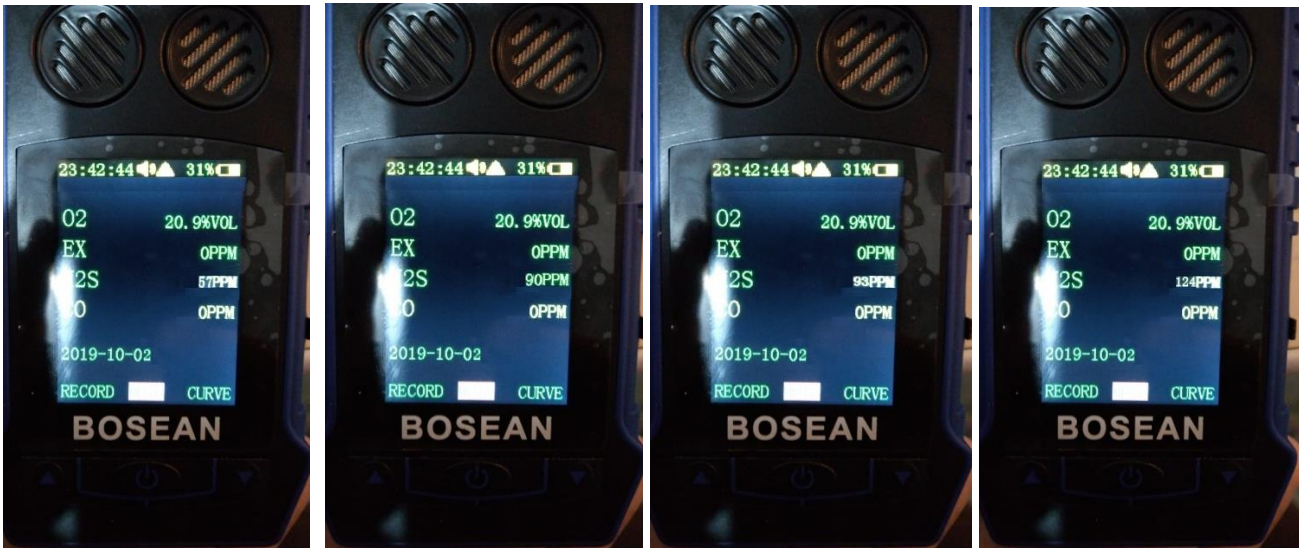
Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.4 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 03 (Día 06)



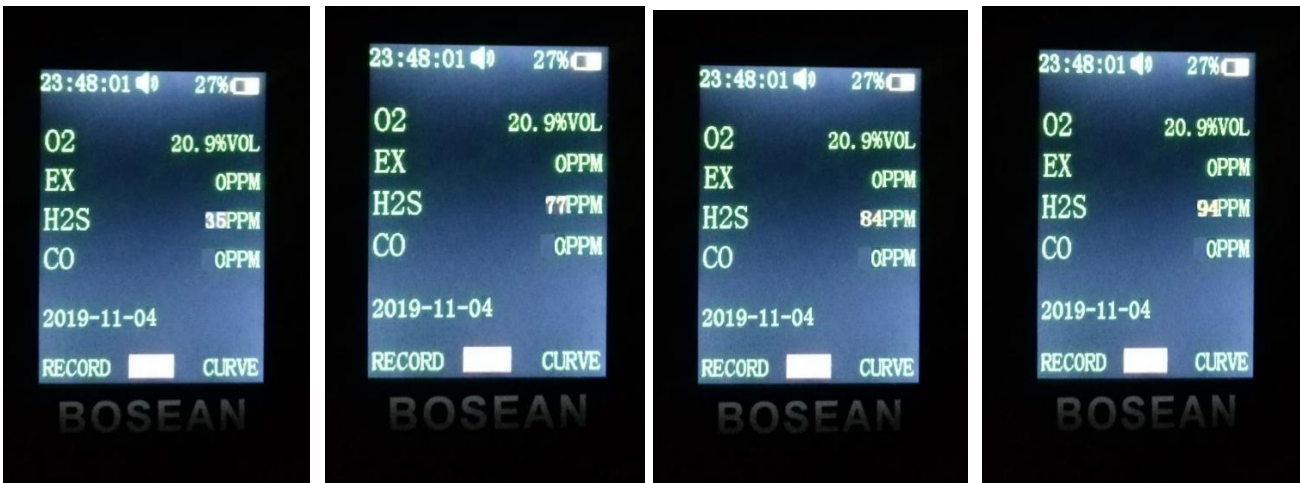
Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.5 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 04 (Día 08)



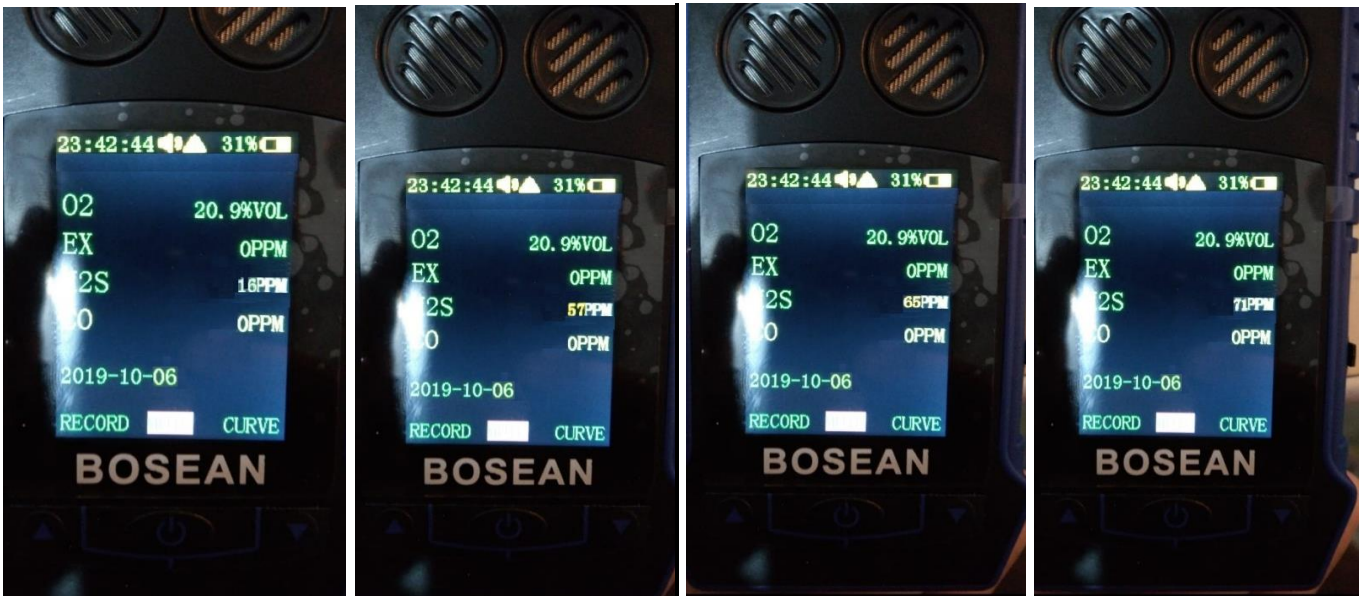
Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.6 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 05 (Día 10)



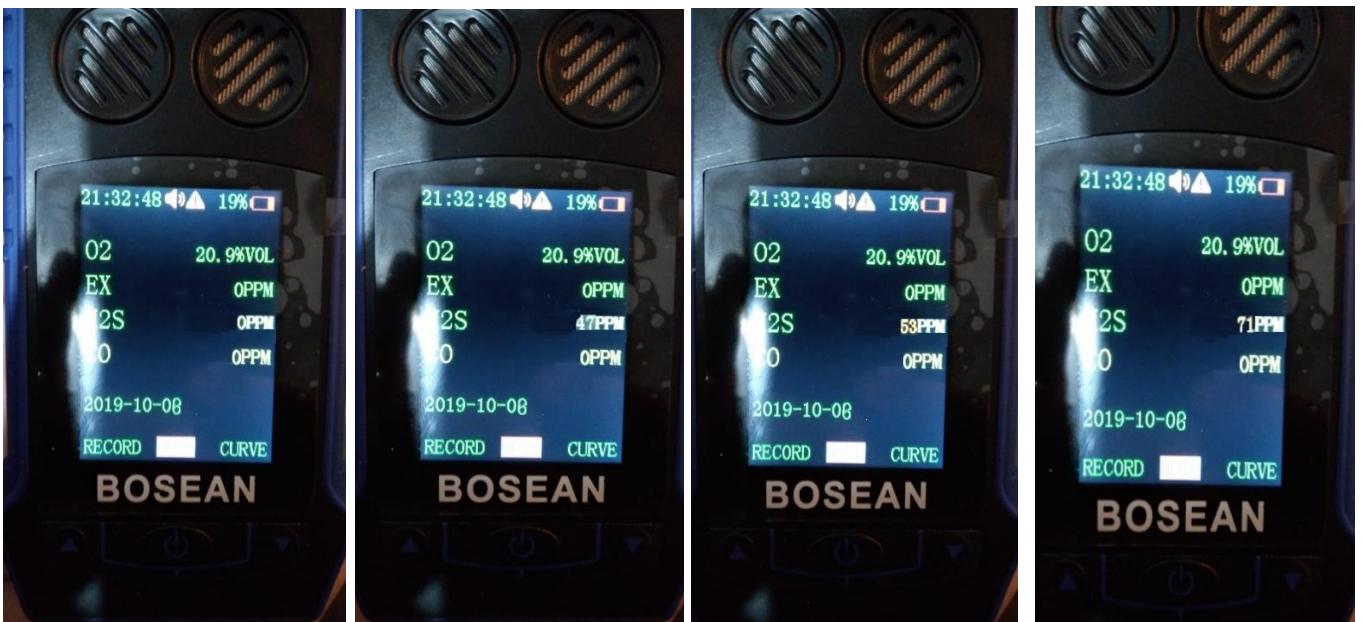
Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.7 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 06 (Día 12)



Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.8 Medición de Hidrógeno de Sulfuro con tiempo 07 (Día 15)



Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3. Análisis relación C: N en el proceso de pre-compostaje

Anexo 3.1. Relación C:N del tratamiento 0 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE - T0
REFERENCIA : H.R. 70725
BOLETA : 3713
FECHA : 08/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1297	-	20.41	85.12	3.77



Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.2. Relación C:N del tratamiento 1 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T1
REFERENCIA : H.R. 70726
BOLETA : 3713
FECHA : 08/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1297	-	22.57	85.12	3.77


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.3. Relación C:N del tratamiento 2 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T2
REFERENCIA : H.R. 70727
BOLETA : 3713
FECHA : 08/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1297	-	35.65	84.14	2.36


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.4. Relación C:N del tratamiento 3 (Día 0)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T3
REFERENCIA : H.R. 70728
BOLETA : 3713
FECHA : 08/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1297	-	46.26	81.41	1.76


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.5. Relación C:N del tratamiento 0 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T0
REFERENCIA : H.R. 71432
BOLETA : 4505
FECHA : 25/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1975	-	16.30	41.41	2.54


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.6. Relación C:N del tratamiento 1 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T1
REFERENCIA : H.R. 71433
BOLETA : 4505
FECHA : 25/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1975	-	20.10	41.41	2.06


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.7. Relación C:N del tratamiento 2 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T2
REFERENCIA : H.R. 71434
BOLETA : 4505
FECHA : 25/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1975	-	26.94	40.41	1.05


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 3.8. Relación C:N del tratamiento 3 (Día 16)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ANABEL ALTAMIRANO GUERREROS
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ CIENEGUILLA
MUESTRA : COMPOSTAJE-T3
REFERENCIA : H.R. 71435
BOLETA : 4505
FECHA : 25/11/2019

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Relación C/N	C %	N %
1975	-	39.37	41.35	1.05


Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
Celular: 946 - 505 - 254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4. Análisis fisicoquímico y microbiológico dentro del proceso de estabilización

Anexo 4.1 Análisis fisicoquímico del proceso de digestión anaerobia.

Anexo 4.1.1 Análisis de pH del proceso de digestión anaerobia.

TIEMPO	REPETICIONES	Análisis de pH			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 0	R1	7.16	7.14	7.43	7.39
	R2	7.15	7.12	7.43	7.36
	R3	7.17	7.12	7.4	7.37
DÍA 3	R1	7.14	8.06	7.02	6.89
	R2	7.15	8.07	7.02	6.88
	R3	7.17	8.06	7.04	6.89
DÍA 5	R1	8	8.06	7.23	7.3
	R2	8.02	8.07	7.25	7.29
	R3	8.04	8.06	7.2	7.29
DÍA 7	R1	6.12	6.6	7.34	6
	R2	6.15	6.61	7.35	6.01
	R3	6.14	6.61	7.35	6.01
DÍA 9	R1	6.37	7.54	7.34	6.87
	R2	6.35	7.53	7.35	6.85
	R3	6.35	7.54	7.35	6.87
DÍA 11	R1	6.69	6.71	7.46	7.5
	R2	6.65	6.7	7.51	7.52
	R3	6.68	6.69	7.49	7.52
DÍA 13	R1	7.63	7.68	7.36	5.54
	R2	7.6	7.65	7.35	5.5
	R3	7.61	7.65	7.34	5.53
DÍA 15	R1	6.39	7.71	7.48	7.45
	R2	6.39	7.7	7.49	7.46
	R3	6.35	7.71	7.47	7.46

Fuente elaborado por el autor

Anexo 4.1.2 Análisis de humedad del proceso de digestión anaerobia.

TIEMPO	REPETICIONES	Análisis de H%			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 0	R1	64%	63%	67%	69%
	R2	66%	63%	65%	66%
	R3	65%	60%	66%	68%
DÍA 3	R1	67%	59%	60%	57%
	R2	66%	58%	62%	60%
	R3	66%	57%	64%	59%
DÍA 5	R1	54%	45%	39%	31%
	R2	53%	48%	37%	29%
	R3	53%	46%	38%	30%
DÍA 7	R1	31%	38%	64%	72%
	R2	32%	40%	66%	74%
	R3	30%	39%	65%	70%
DÍA 9	R1	21%	37%	60%	69%
	R2	22%	35%	68%	71%
	R3	19%	37%	66%	68%
DÍA 11	R1	25%	50%	62%	80%
	R2	24%	53%	60%	77%
	R3	20%	52%	61%	78%
DÍA 13	R1	31%	64%	70%	74%
	R2	29%	65%	69%	76%
	R3	30%	62%	71%	75%
DÍA 15	R1	27%	54%	53%	56%
	R2	26%	57%	50%	58%
	R3	26%	56%	49%	57%

Fuente elaborado por el autor

Anexo 4.1.3 Análisis de materia orgánica del proceso de digestión anaerobia.

TIEMPO	REPETICIONES	Análisis de M.O.			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 0	R1	54%	54%	54%	54%
	R2	53%	55%	54%	53%
	R3	52%	50%	54%	54%
DÍA 3	R1	49%	34%	32%	40%
	R2	48%	35%	32%	43%
	R3	49%	35%	31%	42%
DÍA 5	R1	41%	30%	29%	32%
	R2	41%	31%	28%	33%
	R3	41%	30%	29%	33%
DÍA 7	R1	40%	28%	29%	22%
	R2	39%	30%	28%	21%
	R3	38%	29%	29%	22%
DÍA 9	R1	44%	31%	27%	22%
	R2	43%	30%	26%	21%
	R3	43%	31%	26%	21%
DÍA 11	R1	42%	37%	19%	16%
	R2	45%	36%	22%	18%
	R3	44%	36%	21%	17%
DÍA 13	R1	38%	25%	12%	17%
	R2	38%	22%	13%	16%
	R3	39%	24%	13%	17%
DÍA 15	R1	35%	26%	10%	14%
	R2	37%	23%	9%	15%
	R3	36%	22%	7%	16%

Fuente elaborado por el autor

Anexo 4.1.4 Medición de H₂S en el proceso de digestión anaerobia

TIEMPO	REPETICIONES	Medición de H ₂ S			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 0	R1	141	135	138	139
	R2	140	138	139	140
	R3	140	140	140	142
DÍA 3	R1	117	127	103	114
	R2	116	126	104	113
	R3	117	125	105	111
DÍA 5	R1	130	121	84	103
	R2	134	120	84	104
	R3	135	120	85	103
DÍA 7	R1	123	110	75	94
	R2	124	110	72	94
	R3	124	111	72	95
DÍA 9	R1	124	93	57	90
	R2	120	91	57	91
	R3	121	92	56	90
DÍA 11	R1	94	84	35	77
	R2	95	83	36	77
	R3	94	82	36	75
DÍA 13	R1	75	66	16	57
	R2	71	65	15	57
	R3	73	66	15	60
DÍA 15	R1	70	54	0	47
	R2	69	55	0	47
	R3	68	53	0	48

Fuente elaborado por el autor

Anexo 4.2 Análisis fisicoquímico del proceso de pre-compostaje

Anexo 4.2.1. Análisis de pH del proceso de pre-compostaje

TIEMPO	REPETICIONES	Análisis de pH			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 16	R1	6.73	6.97	7.18	7.37
	R2	6.75	6.94	7.19	7.38
	R3	6.75	6.95	7.17	7.4
DÍA 18	R1	6.7	7.75	7.6	7.45
	R2	6.73	7.73	7.62	7.46
	R3	6.7	7.71	7.61	7.45
DÍA 20	R1	7.81	7.93	7.93	7.89
	R2	7.81	7.92	7.91	7.89
	R3	7.8	7.92	7.94	7.9
DÍA 22	R1	7.83	7.96	7.91	7.94
	R2	7.8	7.94	7.91	7.95
	R3	7.81	7.9	7.9	7.92
DÍA 24	R1	7.02	7.45	7.75	7.92
	R2	7.03	7.4	7.77	7.92
	R3	7.05	7.45	7.78	7.9
DÍA 26	R1	7.92	8.02	8	8.09
	R2	7.93	8.02	8.01	8.09
	R3	7.92	8	8.01	8.1
DÍA 28	R1	7.45	7.65	7.91	7.93
	R2	7.45	7.62	7.9	7.92
	R3	7.43	7.63	7.91	7.9
DÍA 30	R1	7.86	7.85	7.76	7.83
	R2	7.88	7.86	7.79	7.85
	R3	7.89	7.88	7.8	7.84

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 4.2.2. Medición de temperatura del proceso de pre-compostaje

TIEMPO	REPETICIONES	Medición de T (°C)			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 16	R1	27	30	29.1	26.5
	R2	27	30.2	29.1	26.3
	R3	27.1	30	29.2	26.5
DÍA 18	R1	28.4	38.4	30.5	31.5
	R2	28.3	38.6	30.3	31.4
	R3	28.1	38.4	30.4	31.5
DÍA 20	R1	31.5	44.6	37.3	36
	R2	31.3	44.4	37.1	36.2
	R3	31.5	44.6	37.3	36.1
DÍA 22	R1	38	40	43.5	39
	R2	38.4	40.2	43.4	39.3
	R3	38.5	40.1	43.5	39.2
DÍA 24	R1	43.6	54.3	56.1	46.8
	R2	43.5	54.2	56.1	46.9
	R3	43.6	54.3	56	47
DÍA 26	R1	46.8	52.7	50.1	47.3
	R2	46.5	52.6	50.2	47.4
	R3	46.8	52.7	50.1	47.3
DÍA 28	R1	45.6	55	57	56.1
	R2	45.6	55.5	57.3	56.1
	R3	45.5	55.4	57.2	56.3
DÍA 30	R1	48.4	59.2	65.5	62
	R2	48.3	59.3	65.8	62.3
	R3	48.5	59.1	65.3	62.2

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 4.2.2. Medición de humedad del proceso de pre-compostaje

TIEMPO	REPETICIONES	Análisis de H%			
		T0	T1	T2	T3
DÍA 16	R1	76%	66%	58%	56%
	R2	71%	61%	55%	59%
	R3	73%	63%	56%	58%
DÍA 18	R1	64%	72%	62%	70%
	R2	63%	70%	62%	68%
	R3	64%	71%	62%	69%
DÍA 20	R1	49%	50%	67%	54%
	R2	50%	52%	68%	56%
	R3	49%	53%	68%	55%
DÍA 22	R1	58%	67%	42%	55%
	R2	57%	67%	43%	55%
	R3	58%	67%	42%	57%
DÍA 24	R1	29%	52%	45%	66%
	R2	29%	53%	45%	67%
	R3	29%	52%	45%	66%
DÍA 26	R1	29%	52%	45%	66%
	R2	29%	52%	45%	67%
	R3	29%	53%	45%	66%
DÍA 28	R1	30%	56%	60%	64%
	R2	30%	56%	60%	64%
	R3	30%	56%	60%	64%
DÍA 30	R1	41%	49%	66%	63%
	R2	42%	48%	65%	65%
	R3	40%	46%	63%	64%

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 4.2.3. Relación carbono - nitrógeno de temperatura del proceso de pre-compostaje

RELACIÓN C:N				
TIEMPO	T0	T1	T2	T3
DÍA 16	20.40553	22.5782493	35.6525424	46.2556818
DÍA 30	16.3031496	20.1019417	26.94	39.3714286

Fuente: Elaborado por el autor

Anexo 4.4. Certificados de análisis microbiológico

Anexo 4.4.1. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 0 –R1



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001858	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-1	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	47	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocéfalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 90,00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 90,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.2. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 0 –R2



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001859	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-1	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	40	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocefalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 83.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 83.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.3. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 0 –R3



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001860	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-1	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	39	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocéfalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 84.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 84.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.4. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 1 –R1



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001861	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-2	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	6	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocéfalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 20.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 20.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.5. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 1 –R2



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001862	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-2	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	9	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocefalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 21.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 21.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.6. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 1 –R3



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001863	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-2	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	10	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocéfalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 18.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 18.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.7. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 2 –R1



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001864	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-3	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	1	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocefalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	<2.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 2.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.8. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 2 –R2



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE 19/001865	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-3	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	2	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocéfalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 0.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 0.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.9. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 2 –R3



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE 19/001865	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-3	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	0	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocefalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 1,00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.10. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 3 –R1



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001866	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-4	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS				
Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	11	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocéfalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 26.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 26.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.11. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 3 –R2



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001867	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-4	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	17	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocefalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	<27.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	<27.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 4.4.12. Análisis de Huevos de helmintos y Salmonella-Tratamiento 3 –R3



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	RE-19/001868	Tipo Muestra:	COMPOST
Descripción:	TRATAMIENTO-4	Fecha Fin:	03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Parámetros Microbiológicos				
Salmonella spp	12	NMP/10 g ST	-	
Huevos Helmintos: Acanthocefalos				
Huevos y Larvas de Helmintos	< 25.00	Org/4 g ST	-	
Macracanthorhynchus sp	< 25.00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Céstodos				
Diphyllobothrium sp.	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Dipylidium sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Hymenolepis sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Taenia sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Nemátodos				
Ascaris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Capillaria sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Enterobius sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Strongyloides sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Toxocara sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichostrongylus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Trichuris sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Uncinarias	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Huevos Helmintos: Tremátodos				
Fasciola sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Paragonimus sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	
Schistosoma sp	< 1,00	Huevos/4g ST	-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Fuente: Elaborado por el autor.

4.4 . Fotografías in situ



Descripción: Elaboración de microorganismos benéficos.



Descripción: Creación del reactor anaerobio



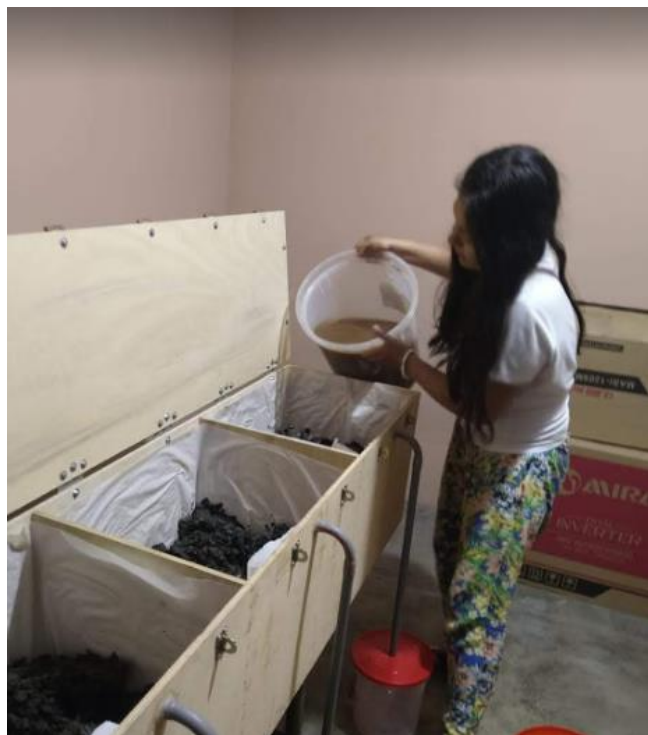
Descripción: Acondicionamiento del lugar para el proceso de digestión anaerobia



Descripción: Recolección del lodo residual de la planta de tratamiento de agua residual, ubicado en Cieneguilla.



Descripción: Activación y reproducción de los microorganismos benéficos



Descripción: Aplicación de microorganismos benéficos al lodo residual en el proceso de digestión anaerobia.



Descripción: Recolección de residuos verdes del cementerio Padre Eterno, para el proceso de pre-compostaje



Descripción: mezcla del lodo residual producto del proceso anaerobio con residuos verdes provenientes del cementerio para el proceso de pre-compostaje



Descripción: Medición de temperatura en el proceso de pre-compostaje.