



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Generación de biofertilizante mediante el aprovechamiento de
los lodos activados de una PTAR en Independencia, Lima –
2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Briceño Torrejon, Diana Paola (orcid.org/0000-0002-6766-6427)

Torpoco Tamayo, Gianella Dayan (orcid.org/0000-0002-0272-6601)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (orcid.org/0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, a nuestras familias, ya que gracias a ellos hemos logrado concluir esta importante etapa de nuestras vidas, porque siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos apoyo, paciencia y amor incondicional.

Agradecimiento

A nuestro asesor el Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por habernos brindado la oportunidad de compartir su conocimiento científico, así como también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis. Asimismo, a nuestras familias, por habernos forjado como la persona que somos en la actualidad; muchos de nuestros logros se los debemos a ellos. En especial agradecemos a V. Vega, Liz Hurtado, las familias Ramírez y Briceño Córdova, que durante toda nuestra época universitaria nos brindaron compañerismo, amistad y apoyo moral, que fue de gran aporte a nuestras ganas de seguir adelante.

Índice de contenidos

Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización de variables	14
3.3. Población, muestra y muestreo	14
3.3.1. Población	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS	24
4.1. Caracterización de los lodos activados de la PTAR	24
4.2. Caracterización del biofertilizante.....	25
V. DISCUSIÓN	35
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS	41
ANEXOS.....	48

Índice de tablas

Tabla 1. Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos.....	4
Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de los materiales de compostaje.....	6
Tabla 3. Especificaciones referenciales de la calidad del compost	10
Tabla 4. Especificaciones fisicoquímicas del humus de lombriz, Lombricomposta.....	12
Tabla 5. Tabla de validez	16
Tabla 6. Metodología de análisis y equipos.....	21
Tabla 7. Metodología para <i>Coliformes totales</i> y <i>Coliformes fecales</i>	22
Tabla 8. Condiciones de trabajo de los parámetros	22
Tabla 9. Valores de los parámetros en las aguas residuales antes del tratamiento	24
Tabla 10. Valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en los tratamientos...	25
Tabla 11. Calidad de biofertilizante a base de sus parámetros	26
Tabla 12. Análisis de metales pesados.....	29

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento experimental de los biofertilizantes	17
Figura 2. a) Toma de muestra y b) Conservación de muestra.....	18
Figura 3. Secado del lodo	19
Figura 4. a) Compostaje en cama y b) Compostaje en jabas	19
Figura 5. a) Vermicompost y b) Residuos orgánicos en jabas.....	20
Figura 6. a) Biofertilizante y b) Medición de pH al biofertilizante	20
Figura 7. pH del biofertilizante	28
Figura 8. Conductividad eléctrica.....	29
Figura 9. Materia orgánica	30
Figura 10. Nitrógeno.....	31
Figura 11. Humedad.....	32
Figura 12. Relación C: N	33

Resumen

Los lodos activados generados a partir de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) pueden ser un problema para la ecología por su inadecuada disposición, impactando directamente sobre el suelo. Por esta razón, la presente investigación tuvo como objetivo la obtención de biofertilizante a partir de los lodos activados de una PTAR. Los lodos fueron caracterizados física, química y biológicamente, realizándose dos tratamientos, uno de compost y otro vermicompost (*Eisenia Foetida*). Ambos tratamientos con lodos activados estaban compuestos de residuos orgánicos, cáscaras de huevo, broza de café y estiércol de cuy, y fueron sometidos a un tiempo de 3 meses. Los resultados mostraron que el biofertilizante obtenido a partir del tratamiento de vermicompost tuvo mejores propiedades comparado al tratamiento de compost. Entre las propiedades destacadas se encuentran el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), con valores de 1.157, 1.187 y 1.18%, respectivamente. Además, los parámetros biológicos del biofertilizante fueron de 1.5×10^3 y 1.1×10^3 NMP/100 mL para *Coliformes totales* y *Coliformes fecales*, respectivamente. Con ello, se concluye que los biofertilizantes obtenidos a partir de lodos activados son favorables, cumpliendo con las normas de fertilizantes aplicadas para agricultura y reforestación.

Palabras clave: lodos activados, compost, vermicompost, biofertilizante.

Abstract

Activated sludge generated from wastewater treatment plants (WWTP) can be a problem for the ecology due to its inadequate disposal, directly impacting the soil. For this reason, the objective of this research was to obtain biofertilizer from the activated sludge of a WWTP. The sludge was characterized physically, chemically and biologically, and two treatments were carried out, one with compost and the other with vermicompost (*Eisenia Foetida*). Both activated sludge treatments were composed of organic waste, eggshells, coffee brushwood and guinea pig manure, and were subjected to a 3-month period. The results showed that the biofertilizer obtained from the vermicompost treatment had better properties compared to the compost treatment. Among the outstanding properties were nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), with values of 1.157, 1.187 and 1.18%, respectively. In addition, the biological parameters of the biofertilizer were 1.5×10^3 and 1.1×10^3 NMP/100 mL for total coliforms and fecal coliforms, respectively. Thus, it is concluded that the biofertilizers obtained from activated sludge are favorable, complying with the fertilizer standards applied for agriculture and reforestation.

Keywords: activated sludge, compost, vermicompost, biofertilizer.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industrialización y el crecimiento poblacional, han generado un incremento en los volúmenes de aguas residuales, causando problemas como la contaminación de recursos hídricos. Además, el tratamiento obligatorio para garantizar parámetros aceptables ejecutado previo a su descarga, conlleva a la generación de lodos activados, municipales e industriales, los cuales deben de gestionarse y tratarse de forma correcta, representando una de las limitaciones ambientales, porque muy pocas son las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) que cuentan con un sistema de reaprovechamiento de lodos (Paucar e Iturregui, 2020).

En la actualidad, los lodos activados no son aprovechados, por la falta de inversión y compromiso de las empresas privadas y públicas. Como consecuencia de una inadecuada disposición final de los lodos activados, existe la afectación directa a la ecología; aunado a esto, el país de Perú no cuenta con una norma para determinar la calidad del biofertilizante; por esta razón, se emplea la Normativa mexicana NMX-FF-109 – SCFI como referencia (Gonzales y Sánchez, 2019).

Por ello, es necesario buscar alternativas de aprovechamiento para evitar, que el destino final de los lodos sea el sistema de alcantarillado, cuerpos de agua y en el mejor de los casos, dispuestos en rellenos sanitarios, con estos tratamientos, se evitará una fuga de material y energía; además, al caracterizar la composición de lodos generados en la PTAR presenta resultados favorables para la utilización de material para la mejora de los suelos y en la industria de la construcción.

Araujo et al. (2018) refieren que es posible el aprovechamiento de los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima; por ende, los análisis realizados a los lodos permitirán conocer si los lodos pueden ser empleados para mejorar ciertas propiedades biológicas y físicas; de esta forma, cumplen con los valores permisibles de un fertilizante, tomando en cuenta su contenido de materia orgánica y pH.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación planteó el siguiente **problema general**: ¿Cómo se realiza el aprovechamiento de los lodos activados generando biofertilizante?, y como problemas específicos: ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de los lodos para la elaboración de biofertilizante?, ¿Cuál es la calidad del biofertilizante generado en los dos tratamientos?

Por este motivo, el presente proyecto de investigación se justificó en el ámbito ambiental, social y económico; en el aspecto ambiental, se consiguen oportunidades de reutilización a estos residuos tóxicos y con presencia de metales pesados dándole una adecuada gestión, cuyo funcionamiento demuestra su calidad y composición. Para el aspecto social, beneficia la calidad de vida de la población, pues, evita la disposición de estos lodos en botaderos; asimismo, la agregación de humus generado del lodo, para cultivo de hortalizas y plantas ornamentales, optimizando la producción y así promover la agricultura orgánica. En cuanto al aspecto económico, el reaprovechamiento de los lodos como biofertilizante puede impactar positivamente en una alternativa ecológica de fertilizante a bajo costo, el incremento de oferta local de biofertilizante, pues, el Perú importa 1.2 millones de toneladas de fertilizantes sintéticos al año.

Para el cumplimiento del proyecto de investigación se propuso como, objetivo general: Obtener biofertilizantes a partir de lodos activados de una PTAR de Independencia, y como objetivos específicos: Evaluar los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los lodos activados en una PTAR de Independencia, determinar la calidad del biofertilizante en sus dos tratamientos midiendo los parámetros fisicoquímicos y biológicos.

El tema planteado tuvo como hipótesis general: El lodo se puede aprovechar para la generación de biofertilizante, y como hipótesis específica: La calidad del biofertilizante evaluada a través de sus parámetros fisicoquímicos y biológicos es eficiente.

II. MARCO TEÓRICO

Los residuos en general, conforman un gran problema para las industrias debido al aumento de volúmenes de residuos y su alto grado de toxicidad, dañando el medio ambiente. Dentro de estas industrias están los lodos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales, siendo estos residuos tóxicos (Vélez, 2007).

En consecuencia, estos lodos activados no pueden ser aprovechados, por la presencia de contaminantes altamente tóxicos; por ende, estos necesitan un tratamiento previo a su disposición final. Sin embargo, el problema de estos lodos, radica principalmente, en no ser considerados un tema de importancia en el país, haciendo referencia al manejo de residuos. En la política pública, generalmente los lodos son dispuestos a botaderos o son incinerados (Amador et al., 2015)

La planta de tratamiento de aguas residuales es un sistema donde se trata las aguas por medio de procedimientos, hasta que los niveles de los parámetros analizados sean óptimos y puedan ser reutilizadas. En Lima Metropolitana, se encuentran 7 plantas de tratamiento, donde se procesa 81630.72 m³/día de aguas residuales, de las cuales generan 2537.85 tn/d (tonelada corta por día) de lodos con elevada humedad, convirtiéndolos en un problema, porque los espacios de reclusión son escasos. Cabe resaltar que, SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) es la única empresa que se encarga de la correcta disposición de estos desechos en rellenos sanitarios (Santos et al., 2021). Además, la digestión de estos lodos es producida en las PTAR durante las primeras fases, donde incluye una combinación de procesos fisicoquímicos y biológicos.

Los lodos son producidos en la PTAR durante las primeras fases de las operaciones unitarias, estos contienen propiedades para ser aplicados en la agricultura, pues, contienen carbón orgánico, fósforo, nitrógeno y metales pesados tales como zinc, cadmio, plomo y mercurio. En caso no se disponga de un control sobre los metales, se corre el riesgo de contaminar el suelo donde se deposite estos lodos. Por esta razón, estos deben ser tratados y caracterizados

antes de su aplicación. Como ejemplo, en la investigación de Jorge et al. (2011) obtuvieron excesos de concentraciones de cadmio, zinc y coliformes en 3 plantas analizadas, con altos porcentajes de nitrógeno, materia orgánica y un pH aceptable, según la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 detallada en la Tabla 1, donde muestra los límites permisibles de los contaminantes para el correcto manejo de los parámetros.

Tabla 1. Límites máximos permisibles para metales pesados en lodos NOM-004-SEMARNAT - 2002.

Contaminante	Excelente mg/kg (base seca)	Bueno mg/kg (base seca)
Cadmio	39	85
Plomo	300	840
Arsénico	41	75
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300

Por esta razón, se han sugerido alternativas para el manejo de estos lodos con el fin de disminuir los costos de tratamiento y disposición final, también con el fin de valorizar los micronutrientes que benefician las condiciones del suelo, considerándose un recurso biológico (Hakeem et al., 2022). Asimismo, Valderrama (2013) se enfocó en el aprovechamiento de los lodos de una PTAR donde la relación entre la materia orgánica es de un porcentaje inferior al contenido de otros abonos orgánicos, indicó también que el pH (5) tiene una reacción ácida, encontrándose dentro de la norma.

Para estabilizar los lodos, los tratamientos más comunes son la digestión anaerobia, aerobia, pasteurización, pre-compostaje, lombricompostaje y entre otros. Trejos y Agudelo (2012) realizaron un análisis con el método de lombricultivo, proponiéndolo como alternativa de tratamiento y disposición de los lodos finales, y establecieron como dosis favorable: pastos (33.3%), residuos orgánicos (33.3%) y lodos (33.3%), donde se obtuvieron los siguientes resultados: la humedad específica fue de 70%, el pH a 1 mes y 20 días es de 5.19, la materia orgánica fue de 16.35% y la relación carbono-nitrógeno obtenida

fue de 10.55%, lo que indicó que el tratamiento es una alternativa viable para su reutilización como fertilizante.

El biofertilizante es utilizado para el mejoramiento de cultivos mediante microorganismos, bacterias, hongos y otros que son capaces de aumentar la accesibilidad de las plantas del suelo; es aquí donde se debe de hablar de abono orgánico a base de excremento animal y restos de materia orgánica.

Las ventajas del biofertilizante a base de lodos son los siguientes:

- Ayuda a aprovechar los residuos orgánicos.
- Recupera la materia orgánica del suelo.
- Reaprovecha los lodos de las PTAR.

Tejada et al. (2016) analizaron el efecto de los biofertilizantes a partir de los lodos en una depuradora, buscando su rendimiento y calidad a través del cultivo de maíz. Antes de la siembra, se aplicaron dosis de 0, 10, 20 mg/Ha, y durante la siembra se roció tres veces sobre el follaje dosis de 0, 3.6, 7.2 L/Ha. Los resultados mostraron que la tasa de los lodos fue de 7.2 L/Ha, con un aumento significativo en la concentración de proteína del grano de aproximadamente 30% y el rendimiento aumentó un 17% a comparación del tratamiento sin aplicar el lodo, lo cual se debería de aplicarse como biofertilizante foliar en lugar que aplicarlo directamente al suelo.

Ezemagu et al. (2021) produjeron biofertilizantes mediante la oxidación y descomposición microbiana de la materia orgánica. La baja concentración de zinc, cromo, cobre, cadmio y plomo hace posible que el compost se pueda utilizar con fines agrícolas como biofertilizante. Concluyendo que la técnica del compost condujo a la eficiencia del biofertilizante y que digestato mezclado con aserrín es viable y sostenible.

El compostaje es la práctica viable de gestión de residuos orgánicos y recuperación de recursos durante el desarrollo sostenible, además, es una técnica óptima con alta eficiencia, y el producto final tiene un gran potencial para la agricultura, mientras el principal desafío es minimizar la carga ambiental (Zhou et al., 2023).

El proceso de compostaje es eficaz porque garantiza que los lodos sean estables y no sean dañinos ante su aplicación al suelo. Por ello, Zheng et al. (2021) analizaron los Triclocarbán (TCC) en cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales, donde observaron las características de degradación durante el proceso de compostaje y los riesgos ecológicos al momento de ingresar a diferentes compartimentos ambientales, como resultados el TCC se eliminó de manera efectiva a través del tratamiento de aguas residuales con un 38%, la biodegradación con un 65.7% y la adsorción de lodos con un 82.8%, después de 17 días de tratamiento de compostaje con aserrín y paja donde se analizó las propiedades fisicoquímicas del compost. En la Tabla 2, se describe las Propiedades fisicoquímicas de los materiales de compostaje.

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de los materiales de compostaje (Zheng et al., 2021)

Materiales	TCC ng/g	Humedad %	pH	Carbono orgánico total g/kg	Nitrógeno total g/kg	Ceniza %
Agua residual + lodo + serrín	1508.4	62.2	6,9	316,8	37.9	35.2
Agua residual + lodo + sorbete	1520.6	62.9	6,7	320,7	39.1	39.5

Del mismo modo, Bozym et al. (2018) en su estudio determinó el impacto de maduración de los lodos de depuradora, compostadas en un estudio piloto. Se realizaron muestras para analizar el parámetro estabilizador como: pH 7.5 inicial y disminuyó a 7.0 durante los tres meses, el porcentaje de materia orgánica disminuyó durante el proceso de maduración de 60% a 55% y la concentración de materia orgánica en los lodos estuvo relacionada con el carbono orgánico total que disminuyó de 50% a 39%. Por otra parte, Ma et al. (2022) determinaron que en un lapso de 91 días se culmina un compostaje con un pH 7.2 a 7.4 y la eliminación de demanda química de oxígeno (DQO). De

modo similar, Cupe et al. (2018) elaboraron un abono usando lodos activados, a través de un consorcio microbiano y maleza, fueron tratados a 4 °C; obteniendo una materia orgánica de 58.99 % en un periodo de 30 días.

Los lodos activados son generados durante la purificación de aguas servidas, las cuales llegan a un tratamiento químico, mecánico y/o biológico (Medina et al., 2009). Según el D.S.015-2017-VIVIENDA, Ordenanza Superior, define lodos como: lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, con un contenido superior de materia orgánica, sus propiedades son aplicables principalmente a los lodos primarios y secundarios. De tal forma, los lodos activados son un proceso biológico utilizado en el tratamiento convencional de aguas residuales que implican el crecimiento de bacterias diseminadas en grumos en un tanque de aguas residuales tratadas, agitadas y con aire (Alpírez et al., 2017)

El vermicompostaje es un tratamiento a la composta, que requiere el uso de lombrices como la *E. foetida* (Lombriz Roja), provocando un proceso de biooxidación aeróbica, es decir, estas trabajan con un contenido de oxígeno y en condiciones termófilas, de esta manera llegan a descomponer biológicamente los residuos existentes. Por otra parte, para que este proceso se lleve a cabo apropiadamente se requiere de ciertas condiciones, las cuales ayudan favorablemente en la pervivencia y crecimiento de los microorganismos y lombrices que son inoculadas. Asimismo, Álvarez et al. (2017) buscaron reutilizar los lodos y convertirlos en un biofertilizante, mediante la técnica de lombricompostaje, pre-compostaje y digestión, aplicando la metodología de caracterizar los lodos provenientes de trampas de grasas y aceites, teniendo como resultados: pH 6.83, materia orgánica 56.40%, conductividad eléctrica 0.0316 (dS/m), humedad 25.87%, relación carbono-nitrógeno 20.51, nitrógeno total 1.59%, y de *Coliformes fecales* de 11, lo cual cumple con la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI. Los autores demostraron que el vermicompostaje puede ser utilizado potencialmente como una técnica de biorremediación.

La *E. foetida* se mantiene en su hábitat en cautiverio, esta se puede duplicarse cada 45 - 60 días. Esta es prolífera y madura sexualmente entre el segundo o tercer mes de vida y se alimenta de desechos orgánicos. Los factores

ambientales por considerar en su crecimiento o desarrollo son los siguientes: la humedad debe estar en un 70%, de lo contrario provocaría su muerte; la temperatura óptima debe de estar entre 12 y 25 °C, el pH tendría que mantenerse entre 5 a 8.4, siendo 7 un pH óptimo, y la relación carbono/nitrógeno debe oscilar entre 20 - 25 (Cui et al., 2023)

Pomalaza y Ramos (2016) evaluaron una PTAR donde utilizaron el tratamiento de vermiestabilización de lodos, en un periodo de 120 a 133 días, con la finalidad de obtener compost, indicando que la combinación de 25% de lodo y un 75% de residuos orgánicos arrojan un pH de 7.42, una concentración de materia orgánica de 20.36% y la relación carbono-nitrógeno de 26.78, este sustrato se mezcla con tierra y arena para uso en plantaciones. Por otro lado, el vermicompostaje es mejor que el compostaje en términos de tiempo de procesamiento y calidad del producto final, ya que los microbios aeróbicos impulsan la degradación al proporcionar enzimas extracelulares en los desechos descompuestos. Tanto Negi y Suthar (2018) como Karwal y Kaushik (2020) mostraron en su investigación que el compostaje y el vermicompost a base de cenizas de carbón con lodos adquieren resultados óptimos. Para el vermicompost, en 60 a 90 días obtuvieron un valor de pH de 6.76, con una conductividad eléctrica máxima de 4.84 dS/m, después de los 90 días los resultados en la relación carbono-nitrógeno varían de 2.90 dS/m a 18.96 dS/m y en el fósforo una diferencia máxima de 80% y 68%.

Wahaab et al. (2020) gestionaron los lodos aplicando una metodología de un sistema cualitativo, el cual se encargó de evaluar los lugares viables para la gestión sostenible de los lodos, teniendo como resultado que esta metodología es deficiente, por ende, el 85 % de estos residuos son vendidos principalmente a proveedores locales sin tener un tratamiento adecuado. Una alternativa tentativa es el tratamiento basado en conversión de dichos lodos a energía por medio de la digestión anaeróbica, siendo un escenario más sostenible para la eliminación y gestión de estos.

Grobelak et al. (2019) evaluaron un prototipo de tratamiento de aguas residuales y lodos de depuradora, incluyendo la valoración de la biomasa y los fertilizantes obtenidos en un periodo de cuatro meses, empleando una

metodología innovadora de tratamiento de aguas residuales, el Bionor Sludge a escala piloto y la separación del filtro de banda, que lograron un aumento de 94% de DBO5 y 95% de sólidos suspendidos totales en las aguas, estos parámetros al ser comparados con los de las aguas residuales no superar los valores permitidos, además se encontró un aumento en el contenido de la materia seca de 28% a 95%. Por esta razón, los parámetros del efluente cumplieron con los requisitos globales, lo que indica que las modificaciones del proceso de tratamiento de aguas residuales no afectaron negativamente a la eficiencia. Por otro lado, Shim et al. (2020) examinaron la calidad del lodo como fertilizante utilizando la metodología de recolección de muestras de distintas plantas, dando como resultado que la eficiencia máxima se mantuvo los primeros días, lo que indica que este tratamiento puede ser mejor para el reciclaje de lodos como fertilizante por el proceso de eliminación de la materia orgánica, el nitrógeno y los metales necesarios. En ese sentido, las plantas de tratamiento residuales son alternativas de solución para la disminución de contaminantes, ya que han generado impactos positivos para la recuperación de fuentes hídricas (Lozada et al., 2005).

Castañeda (2018) buscó la viabilidad de los biosólidos provenientes de una PTAR, indicando que el resultado del fertilizante generado por lodos es una alternativa sostenible debido a que ofrece un buen potencial en fósforo, nitrógeno y materia orgánica, por consiguiente, sus composiciones aumentan la humedad y nutrientes, como el calcio y magnesio.

Asto (2020) comparó el compostaje y vermicompostaje mediante el aprovechamiento de lodos, indicando que para generar fertilizantes se debe trabajar con una T° de 45 a 70 °C, priorizando que la conductividad eléctrica sea menor de 1 dS/m y que la relación carbono-nitrógeno debe estar en un rango de 15 a 40%, ya que, estas condiciones demuestran el incremento de materia orgánica y de otros nutrientes, siendo un proceso económico, rentable y eficiente. Francisco (2011) aplicó la metodología de análisis variable y estadísticas con diferentes dosis de lodos, para el aprovechamiento agrícola de este, concluyendo que los lodos secos en fertilizante son beneficiosos para el aprovechamiento sostenible de una gestión.

La gestión aerobia es un proceso biológico, donde los residuos presentan ausencia de oxígeno y se descompone por la actividad de determinados microorganismos, convirtiéndolo en gas de alta energía o “biogás” y en productos donde la mayor parte de sus componentes son minerales y compuestos no degradables, conocidos como lodos (Reyes y Aguilera, 2018).

La producción de lodos ofrece ciertas ventajas según el proceso y/o su destino, siendo empleadas como fuente de energía o como enmienda del suelo en la agricultura. Por lo tanto, los biofertilizantes se posicionan como una opción para reutilizar estos lodos, ya que contienen microorganismos vivos involucrados en diversas actividades del suelo. Sin embargo, se debe cumplir con los estándares de calidad, de manera que estos garantizan la protección de la salud de los ciudadanos y el medio ambiente (Moreno et al., 2018). En la Tabla 3 se indica los parámetros físicos y químicos que están dentro del rango permisible.

Tabla 3. Especificaciones referenciales de la calidad del compost (Chunga, 2014).

Parámetros	Rango permisible
Humedad (%)	40 – 60
Tamaño de partícula (mm)	5 – 10
Materia orgánica (%)	25 – 50
Carbono orgánico (%)	8 – 50
Nitrógeno total (%)	0.4 - 3.5
Fósforo como P ₂ O ₅ (%)	0.3 - 3.5
Potasio como K ₂ O (%)	0.5 - 1.8
Cenizas (%)	20 – 65
Calcio como CaO (%)	20 – 65
Relación C: N	< 15
pH	6.5 – 8

La caracterización de lodos determina que los parámetros fisicoquímicos y biológicos se dan a partir de una metodología que incluye protocolos de ensayos, permitiendo evaluar y comparar los resultados con cuantificadores ya establecidos en la normativa, con el fin de establecer los posibles usos de los lodos y los tratamientos previos a generar biofertilizantes (Mancipe y Triviño, 2018). Dentro de estos parámetros se tiene la humedad que va disminuyendo

con el tiempo, las primeras semanas se mantiene en el rango de 55-40%, pues debe ser óptima para el biofertilizante, es normal que varíe según la condición física y tamaño de sus partículas, en caso la humedad se presente en menos de un 40%, la actividad microbiana disminuye, reduciendo la degradación del material y volviendo biológicamente inestable el producto obtenido. En cambio, si la humedad supera el rango permisible, el agua satura los poros y dificulta la oxigenación del material (Galindo y Estrada, 2018). Por otra parte, si la temperatura aumenta, los olores son más fuertes, esto se debe principalmente a la producción de *Piridina* y *Pirazina*, al contrario, en la etapa de enfriamiento y maduración el olor a tierra mojada surge, volviéndola agradable, esto es causado por la excreción de *Geosmina* producida por actinomicetos. En la etapa intermedia aparecen indicadores bajos, debido a la acidificación del sustrato, el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad, una vez que se alcance la etapa de compostaje, la temperatura sube a 64 °C (López et al., 2016)

La materia orgánica es un proceso que inicia con la oxidación o descomposición, siendo estabilizado y logrando así el producto final. Durante la fertilización biológica, los microorganismos varían según el estado de descomposición de la materia orgánica, el sustrato y las condiciones ambientales presentes en el ambiente (Gonzales y Sánchez, 2019).

Por consiguiente, tenemos la salinidad, parámetro que amenaza el rendimiento del biofertilizante si se presenta fuera del límite permisible, generando una estructura no óptima para germinación (Quintana, Pinzón y Fernando, 2016). Se sabe que la salinidad y la conductividad eléctrica están relacionadas, siendo afectadas por las distintas condiciones ambientales que se manejan en el sistema y tratamiento del biofertilizante, por lo tanto, los valores de la conductividad eléctrica deben ser bajos para una correcta gestión en la fertilización (López et al., 2017).

Por otro lado, el pH es la primera etapa del proceso, donde inicialmente se produce la acidificación por formación de ácidos orgánicos, en la etapa termófila el pH aumenta por la conversión de amonio en amoníaco y el medio se vuelve alcalino, hasta que finalmente se sedimenta en un valor cercano al valor neutral (Sierra et al., 2019)

Según Dang et al. (2022), la relación carbono-nitrógeno es un parámetro importante para el proceso del compost, este se debe controlar para asegurar una fermentación correcta. Por lo tanto, se realizó muestras exitosas en relación de 20 a 80 días, si el procedimiento es acelerado, es factible que el aprovechamiento de los nutrientes no sea óptimo, afectando la calidad del producto final (Xiaver, 2006). Por esta razón, la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI – 2008, “Humus de lombriz” (Lombricomposta), especifica los parámetros y los grados de calidad que se deben cumplir.

Tabla 4. Especificaciones fisicoquímicas del humus de lombriz, Lombricomposta (Norma mexicana, NMX-FF-109-SCFI – 2008).

Características	Valor
Nitrógeno Total	De 1 a 4 % (base seca)
Materia orgánica	De 20 % a 50 % (base seca)
Relación C/N	≤ 20
Humedad	De 20 a 40 % (sobre materia húmeda)
pH	De 5.5 a 8.5
Conductividad eléctrica	$\leq 4 \text{ dS m}^{-1}$
Capacidad de intercambio catiónico	$> 40 \text{ cmol kg}^{-1}$
Peso volumétrico	0.40 a 0.90 g mL^{-1}
Materias adicionales	Ausente

Los aceites y grasas flotan porque tienen una densidad menor al agua, lo que crea una capa en la superficie de un biorreactor, al ser tratados siguen una serie de procedimientos físicos y químicos, rescatando lo potable en el pretratamiento (Briones et al., 2020).

Flores et al. (2021), en su investigación utilizaron un modelado general de la planta, para evaluar los impactos netos de los tratamientos de gestión de lodos. Simulando cinco estrategias diferentes (SMS 0, 1, 2, 3 y 4) los cuales representan los principales balances de masa (normalizados a 1) para obtener la demanda química de oxígeno, nitrógeno y fósforo.

El potasio es un componente esencial en la activación de diversas enzimas implicadas en procesos metabólicos, como la síntesis de carbohidratos y

proteínas. Cuando se realiza un abono mineral orgánico se adicionaba cierto peso de este componente con el fin de mejorar las condiciones requeridas (Marín, 2019).

El nitrógeno se encuentra disponible en forma orgánica por la descomposición de los microorganismos, asimilando así los cultivos (Figueroa et al., 2011) . La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), es la cantidad necesaria para el fertilizante, de tal forma, sirve para asegurar la presencia de materia orgánica al momento de realizar actividad aeróbica en la obtención de la muestra (Guerra, 2020), la demanda química de oxígeno da presencia a la temperatura, al ser alta en un medio ácido se podrá medir el equivalente de la materia orgánica, dónde el inoxidable será reemplazado por un agente químico.

Por último, tenemos los parámetros biológicos como *Coliformes fecales* y *Coliformes totales*, estos son considerados indicadores principales de la contaminación fecal en aguas residuales, identificando principalmente a las bacterias *Escherichia coli* y *Klebsiella* (Fernández, 2017), en efecto, la materia orgánica contenida en las aguas residuales se descompone por acción de los microorganismos presentes en la mezcla alcalina, por oxidación microbiana, asimilación de fósforo y procesos de nitrificación – desnitrificación.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se realizó con un enfoque cuantitativo, ya que, da a conocer de manera directa la recolección y el análisis de los datos numéricos, logrando transformar las preguntas de investigación en posibles hipótesis, siendo secuencial y objetiva con los resultados finales (Sarduy, 2007).

Cabe mencionar que el tipo de investigación fue aplicada. Para Lozada (2014), la investigación aplicada busca la generación de conocimiento tomando de manera directa los problemas que tienen la sociedad y su producción. Esto se centra en fuentes tecnológicas que es básico en el proceso de relación entre la teórica y el resultado. Se trabajó con un diseño experimental puro, puesto que se obtuvo biofertilizante a base de lodo. Se manipuló la variable independiente con el objetivo de analizar la dependiente, pudiendo estudiar la evolución de la muestra antes y después del tratamiento experimental (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

3.2. Variables y operacionalización de variables

Esta investigación trabajó con una variable independiente: Lodos activados de la PTAR, y una variable dependiente: Calidad del biofertilizante. Por lo tanto, la matriz operacional de variables de esta investigación detalla las variables, la definición conceptual, operacional, dimensiones, indicadores y la escala de medición/unidades. Todo al criterio de los autores, puesto que la matriz es la parte principal para el avance de toda investigación. En el Anexo 1 se muestra a detalle la matriz de operacionalización.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población de esta investigación estuvo compuesta por los lodos producidos en una planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en Independencia, Lima - Perú.

Como **muestra** de esta investigación se extrajeron 15 kilos de lodos de la PTAR. Parte de esta muestra fue analizada para medir los parámetros fisicoquímicos y la otra para calcular los parámetros biológicos. Entonces, se tuvo como **unidad de análisis una cantidad de 3 kg** de lodos que fueron utilizados para la caracterización física y química,

El **muestreo** fue no probabilístico, debido a que la información recogida fue seleccionada convenientemente para un análisis (Otzen y Manterola, 2017).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se tuvo como técnica el estudio experimental y la recolección de datos se realizó por medio de dos fichas técnicas, donde se registró las muestras extraídas.

Se contó con 2 instrumentos: Con la primera ficha se registró la toma de muestra y caracterización de los lodos activados y en la segunda ficha la valuación de las características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante. Estas fichas ayudaron con el registro de datos que fueron importante para el desarrollo de la investigación. Las cuales se muestran en el Anexo 3.

Los instrumentos fueron validados por tres profesionales con experiencia y conocimiento referido a la investigación, que revisaron cada ficha para su confirmación y firma, lo cual se detalla en la Tabla 5. Además, Mashaba et al. (2023) mencionan que el investigador debe validar los instrumentos empleados para acumulación de datos, esto es de suma importancia, ya que, le proporciona un grado de visibilidad en obtener datos de las investigaciones originales.

Tabla 5. Tabla de validez.

Especialistas	Porcentaje de validación (%)	
	Ficha 1	Ficha 2
Dr. Carlos Castañeda Olivera	90%	90%
Ing. Holguin Aranda Luis Fermin	85%	85%
Ing. Miguel Angel Mendoza Solis	90%	90%
Promedio	88%	88%

En la **Tabla 5** se da a conocer el resultado de validación, dando como promedio total un 88%, esto proporciona confiabilidad al trabajo de investigación.

3.5. Procedimientos

En la Figura 1 se observa el procedimiento realizado en esta investigación.

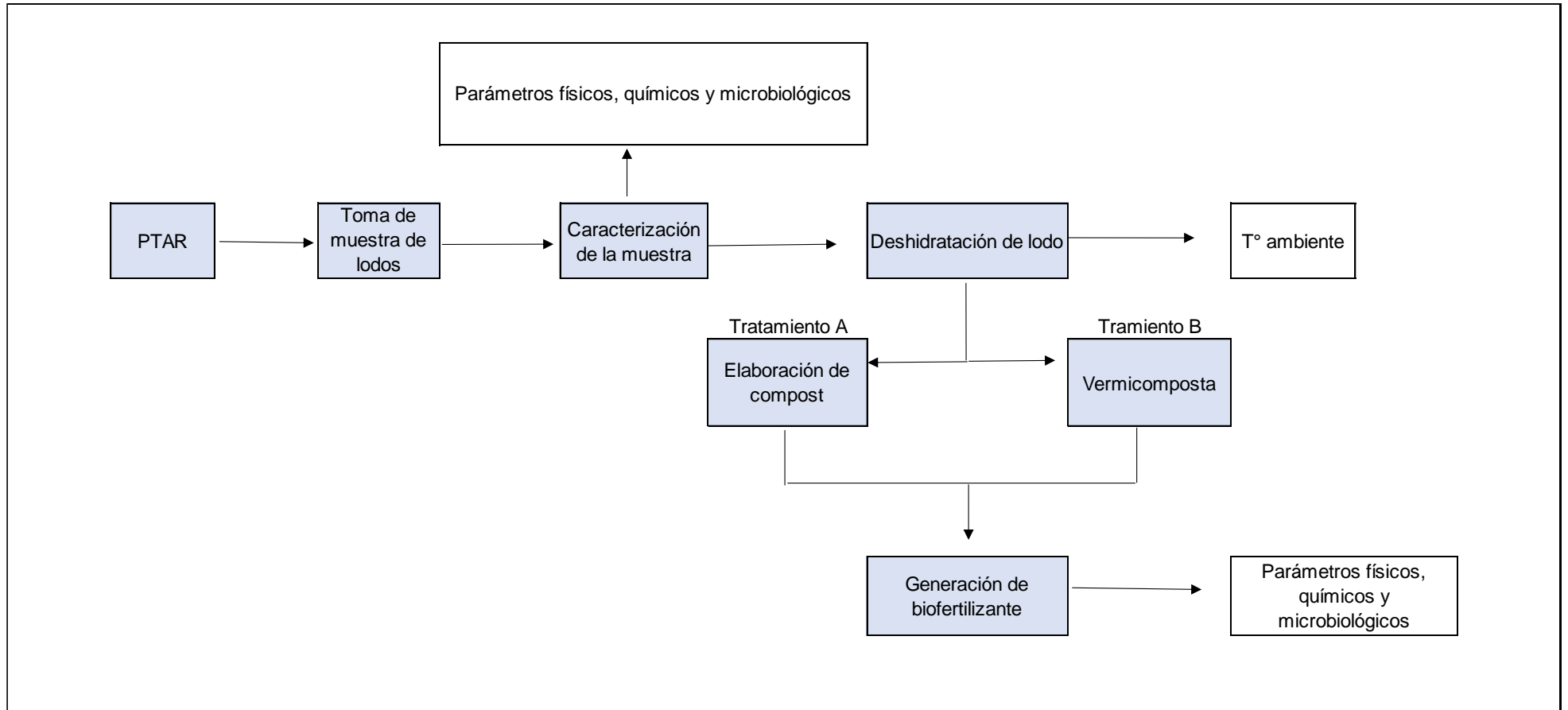


Figura 1. Procedimiento experimental de los biofertilizantes

A. Obtención de la muestra

Los lodos fueron recolectados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el distrito de Independencia. Se utilizó el equipo de protección personal correspondiente para evitar el contacto directo con los lodos, para la conservación de las muestras se depositaron en bolsas herméticas, las cuales fueron conservadas en un cooler hasta el momento de su análisis (Figura 2).



Figura 2. a) Toma de muestra y b) Conservación de muestra

B. Caracterización de los lodos

Una vez obtenida la muestra de 3 kg de lodo, se procedió a su caracterización en el laboratorio. Posteriormente, se realizaron distintas mezclas de 10 g para determinar los parámetros fisicoquímicos, dentro de estos se tiene el pH, humedad, temperatura, conductividad eléctrica, materia orgánica, aceites y grasas, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, porcentaje de cadmio, Nitrógeno, plomo, potasio y fósforo. Con el fin de determinar los parámetros biológicos se analizaron los *Coliformes totales* y *Coliformes fecales*.

C. Proceso de elaboración de biofertilizante

Primero, los lodos adquiridos fueron secados a la intemperie a una temperatura ambiente (25 °C), por un periodo de dos semanas (Figura 3).



Figura 3. Secado del lodo

Seguido a ello, se elaboró el compost empleando un método sencillo que consiste en apilar muestras de residuos orgánicos secos formando capas de maleza, material rico en nitrógeno, como verduras u hojas secas. Finalmente, se agregó en una capa los lodos secos y se dejó reposar al aire libre durante dos a tres meses (Figura 4).



Figura 4. a) Compostaje en cama y b) Compostaje en jabas

Posteriormente, se distribuyó el compost con los lados secos y se añadió la lombriz roja de california o *Eisenia foetida*, que fue alimentada cada 4 días, con la intención que consiga el óptimo crecimiento y pueda desarrollarse adecuadamente en temperaturas comprendidas entre 12 °C y 25 °C. Cabe mencionar, que la mezcla debe de mantenerse en un pH 7, que corresponde a un nivel neutro siendo este el óptimo, el cual es el nivel adecuado para el desarrollo y reproducción. El hecho de añadir la *Eisenia foetida* a la precomposta nos proporcionó un resultado de mayor calidad.

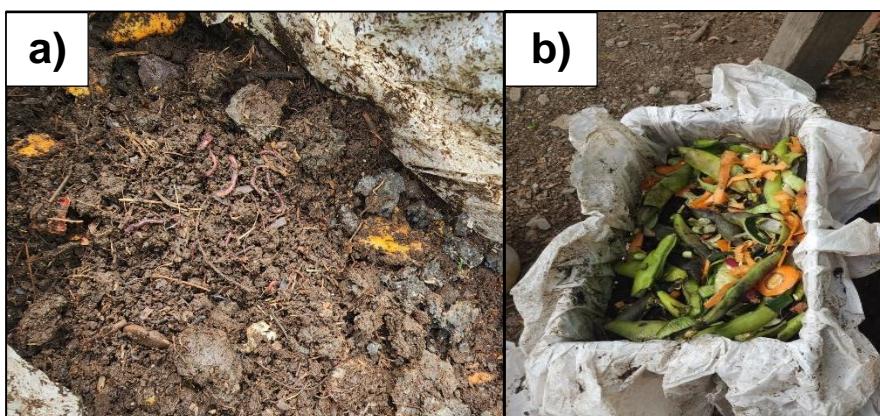


Figura 5. a) Vermicompost y b) Residuos orgánicos en jabas

Transcurrido el periodo de espera, se tamizó la muestra con y sin lombrices, por medio de mallas de fierro, obteniendo así el biofertilizante, posteriormente se extrajo un 1.5 kg de cada tratamiento para un análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el laboratorio.

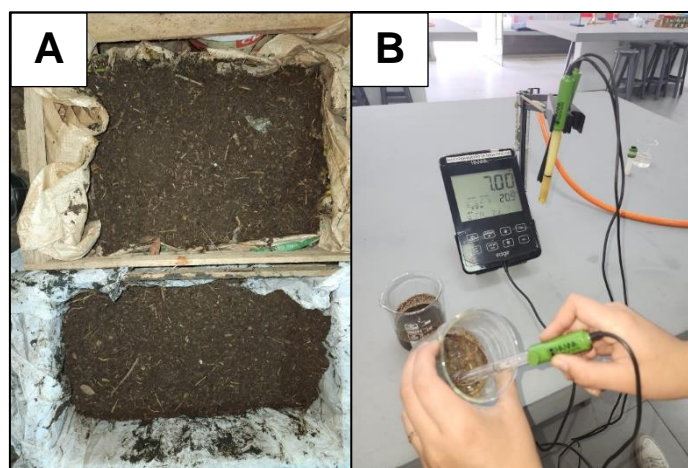


Figura 6. a) Biofertilizante y b) Medición de pH al biofertilizante

1.5.1. Determinación de parámetros fisicoquímicos y biológicos

La determinación de estos parámetros en la muestra inicial (antes del tratamiento) y la muestra final (después del tratamiento) fueron realizados en el Laboratorio de Química de la Universidad César Vallejo.

En la Tabla 6 se detalla la metodología de análisis (Tafur Rivera, 2019) y los equipos utilizados en el análisis de las muestras:

Tabla 6. Metodología de análisis.

Parámetro	Metodología de Análisis
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	APHA-AWWA-WEF (2012) 5210B
Demanda química de oxígeno (DQO)	APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWA 2510 B. (2017)
Turbidez	SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.
Sólidos suspendidos totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids Dried at 103-105°C.
pH	Standard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992

El laboratorio cuenta con los certificados de calibración de todos los equipos empleados en los análisis, comprobando así la confiabilidad de los resultados.

En la Tabla 7 se menciona la metodología (Tafur Rivera, 2019) utilizada en los parámetros de *Coliformes totales* y *Coliformes fecales*, ya que estos cuentan con un procedimiento distinto.

Tabla 7. Metodología para *Coliformes totales* y *Coliformes fecales*.

Parámetro	Metodología de Análisis
<i>Coliformes totales</i> y <i>Coliformes fecales</i> .	International Commision on Biological Specifications for Food. 1983. 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp.

En el análisis se seleccionaron muestras con los mejores resultados de biofertilizantes ya tratados, asimismo, se realizó el procedimiento de medición y se anotaron los valores finales, para este se empleó la misma metodología de análisis y los equipos calibrados.

- Determinación de metales

Para la determinación de estos parámetros, tanto antes como después del tratamiento, las muestras fueron enviadas al laboratorio certificado por INACAL. Los parámetros a determinar fueron los siguientes:

- Cadmio (Cd)
- Plomo (Pb)

1.5.2. Planeamiento Experimental

En la investigación, se estableció las mismas condiciones de trabajo tanto en las muestras iniciales y finales. En la Tabla 8 se mencionan las cantidades utilizadas como las características de los análisis y tratamientos aplicados.

Tabla 8. Condiciones de trabajo de los parámetros.

Caracterización de lodos	
Parámetros fisicoquímicos y biológicos (laboratorio)	3 kg
	pH, humedad, temperatura, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (M.O.), aceites y grasas, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), cadmio (Cd), Nitrógeno (N), plomo (Pb), potasio (K), fósforo (P), <i>Coliformes totales</i> y <i>Coliformes fecales</i> .

Elaboración y tratamiento de biofertilizante	
Lodo	Secado por 2 semanas
Residuos orgánicos	
pH	7
Temperatura	12 y 25 °C
Tratamiento A (Compostaje)	Tratamiento B (Vermicomposta)
2 kg Lodo + 4,5 Kg R. O+ 0,5 kg de cascara de huevo +1kg de estiércol de cuy	1 kg Lodo + 1,5 Kg R.O (inicial) + 0,5 kg de cáscara de huevo + broza de café +1kg de estiércol de cuy
Humedad: 70 – 80%	Humedad: 40 - 50%
Riego: 1 vez por semana	Riego: cada 3 semanas
Revolver el compostaje una vez al mes	-
-	50 lombrices <i>E. foetida</i>
Análisis del biofertilizante	
Parámetros analizados	pH, humedad, temperatura, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (M.O.), relación carbono-nitrógeno (C/N) aceites y grasas, cadmio (Cd), Nitrógeno (N), plomo (Pb), fósforo (P), potasio (K), <i>Coliformes totales</i> y <i>Coliformes fecales</i> .
Cantidad de muestras a analizar	2

3.6. Método de análisis de datos

Se empleó herramientas informáticas, entre ellas Microsoft Excel y Word que ayudaron a plasmar la información obtenida, por ejemplo, se generaron gráficos estadísticos, dando un mejor entendimiento a los resultados.

3.7. Aspectos éticos

Este trabajo de investigación cumplió con el código ético, reglamento de investigación, líneas de investigación y guía de productos de investigación de la Universidad César Vallejo, ofreciendo autonomía y honestidad de parte de los autores, con la intención que en un futuro este trabajo sea utilizado en investigaciones similares.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los lodos activados de la PTAR

La caracterización de los lodos es fundamental para medir las concentraciones y compuestos que tiene para el adecuado manejo de los biofertilizantes, para esto se debe evaluar la composición fisicoquímica y compuestos biológicos. En la Tabla 9 se observan los valores de cada parámetro.

Tabla 9. Valores de los lodos activados antes del tratamiento.

Parámetros		Valores
Parámetros fisicoquímicos	pH	5.98
	Temperatura	19.7 °C
	Conductividad eléctrica	63.1 dS/m
	Humedad	67.3%
	Cadmio (Cd)	2.383 mg/kg
	Nitrógeno (N)	1.04%
	Plomo (Pb)	21.25 mg/kg
	Fósforo (P)	1.13%
	Potasio (K)	1.07%
	DBO ₅	473 mg/L
	DQO	1044 mg/L
	Materia orgánica	33.4%
	Aceites y grasas	65.7 mg/L
Parámetros Biológicos	<i>Coliformes totales</i>	2.7 x 10 ⁵ NMP/100mL
	<i>Coliformes fecales</i>	2.5 x 10 ⁵ NMP/100mL

A partir de la Tabla 9 se observó el valor de conductividad eléctrica (6.31 dS/m), lo que determina un material salino; respecto al pH se le considera neutro con un valor de 7, con una temperatura de 19.7 °C y una humedad de 67.3%. Asimismo, ostenta un buen contenido de materia orgánica (33.4%), esto representa un aporte beneficioso al uso de los lodos en suelos agrícolas, clasificando como

clase B, cumpliendo con los límites permisibles de la norma mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. En la cantidad de *coliformes totales* y *coliformes fecales* fue alta, por la presencia de parásitos. Esto se debe a que los lodos activados provienen del primer tratamiento, donde se mezcla con el agua residual del alcantarillado, adquiriendo mayor probabilidad de encontrar parásitos y coliformes.

4.2. Caracterización del biofertilizante

En la Tabla 10 se presenta el detalle de los valores de la caracterización fisicoquímica y biológica de los tratamientos realizados, el compost fue asignado como el tratamiento A y el vermicompost como el tratamiento B.

Tabla 10. Valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en los tratamientos.

Parámetros		Valor	
		Tratamiento A	Tratamiento B
Parámetros fisicoquímicos	pH	7.27	7.29
	C: N	18	20
	Conductividad eléctrica	1.20 dS/m	1.48 dS/m
	Humedad	31.40%	48.9%
	Nitrógeno (N)	1.13 %	1.157%
	Fósforo (P)	1.22%	1.187%
	Potasio (K)	1.11%	1.118%
	Salinidad	0.02 g/l	0.018 g/L
	Cadmio	2,102 mg/Kg	1.4 mg/Kg
	Plomo	18,25 mg/Kg	16 mg/Kg
	Materia Orgánica	54.70%	62.3%
	Aceites y Grasas	14.10 mg/l	12.2 mg/L
Parámetros biológicos	<i>Coliformes totales</i>	1.5 x 10 ³ NMP/100mL	1.5 x 10 ³ NMP/100MI
	<i>Coliformes fecales</i>	1.1 x 10 ³ NMP/100mL	1.1 x 10 ³ NMP/100mL

En la Tabla 10 se observó que los valores obtenidos en el tratamiento A son variables en función de su composición ya que tiene un pH neutro y un material salido, en su riqueza nutricional destaca su alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La relación carbono-nitrógeno es óptima, siendo el producto de rápida asimilación y mineralización, se aprecia que la humedad es alta.

En cuanto a la presencia de *coliformes fecales* y *coliformes totales* en el compost se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos en la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002; por lo tanto, si puede ser utilizado como biofertilizante para la agricultura. Continuamente el tratamiento B (vermicomposta), registró: un pH neutro (7.29), relación carbono-nitrógeno (20), conductividad eléctrica 1.48 dS/m, una humedad del 48.9%, nitrógeno 1.157%, fósforo 1.187%, potasio 1.118%, salinidad de 0.018 g/L, una materia orgánica de 62.3%, aceites y grasas 12.2 mg/L. Con los resultados de *Coliformes totales* y *Coliformes fecales* se demostró que el tratamiento es eficaz para higienizar lodos.

Se evidencia que los resultados del tratamiento B, presenta mejores valores que el tratamiento A, siendo un indicador de incremento en nutrientes y fertilidad en el biofertilizante.

En la Tabla 11 se midió la calidad del biofertilizante a base de sus parámetros, comparando el tratamiento A (compost) con la norma NADF-020-ambt-2011 y el tratamiento B (vermicompost) con la norma NMX-FF-109 – SCF.

Tabla 11. Calidad de biofertilizante a base de sus parámetros.

Parámetros	Tratamiento A		Tratamiento B	
	Valores	Norma mexicana NADF-020-AMBT-2011	Valores	NMX-FF-109-SCFI-2008
pH	7.27	6.5 – 8	7.29	5,5 - 8,53
C: N	18	< 20	20	≤20
Conductividad eléctrica	1.20 dS/m	< 8 dS/m	1.48 dS/m	≤ 4 dS/m
Humedad	31.40 %	25-35%	48.9%	20 a 40%
Nitrógeno (N)	1.13 %	1% - 3%	1.157%	1 – 4%
Fósforo (P)	1.22 %	1% - 3%	1.187%	-
Potasio (K)	1.11 %	1% - 3%	1.118%	-
Salinidad	0.02 g/L	-	0.018 g/L	-
Materia Orgánica	54.70 %	> 20%	62.3%	> 50%

Aceites y Grasas	14.10 mg/l	-	12.2 mg/L	-
Coliformes totales	1500 NMP	-	1500 NMP	-
Coliformes fecales	1100 NMP	<1000 NMP	1100 NMP	-

La Tabla 11 indicó que la dosis aplicada en el tratamiento A (Lodo/Residuos orgánicos/cáscara de huevo/estiércol de cuy) demuestra que los parámetros analizados no sobrepasan los límites máximos permisibles, excepto los *Coliformes totales* (1500 NMP) y *Coliformes fecales* (1100 NMP), que superaron los límites permisibles, según la Norma mexicana NADF-020-AMBT-2011 indica que lo óptimo es un valor <1000 NMP, cabe recalcar, que el resultado no se aleja del límite y si aplica en su reutilización. Consiguientemente, el uso de la dosis (Lodo/R.O./cáscara de huevo/broza de café/estiércol de cuy/lombriz) en el tratamiento B, evidenció que los parámetros analizados son aceptables, según la NMX-FF-109-SCFI-2008. Para resumir, ambos tratamientos cumplen con un estándar de calidad y son calificados como un biofertilizante de estándar B, apto para la agricultura ecológica y reforestación. Como se puede apreciar, ambos biofertilizantes son neutros, ya que obtuvieron los siguientes valores, pH en el compost de 7.27 y para el vermicompost de 7.29, recalcar que el pH mejoró considerablemente, ya que el lodo analizado presentó 5.98, por lo que se encuentra dentro del rango permisible establecido por la Norma mexicana NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008, favoreciendo ambos tratamientos.

En la Tabla 12 se muestra la concentración de los metales pesados antes y después de los tratamientos.

Tabla 12. Análisis de metales pesados.

Parámetros	Lodos activados	Tratamiento A (compost)		Tratamiento B (vermicompost)	
		Valores	Norma mexicana NADF-020-AMBT-2011	Valores	NMX-FF-109-SCFI-2008

Cadmio	2.383 mg/kg	2,102 mg/Kg	6.5 – 8	1.4 mg/Kg	5,5 - 8,53
Plomo	21.25 mg/kg	18,25 mg/Kg	< 20	16.2mg/Kg	≤20

Las concentraciones de los metales en los lodos activados no presentaron cantidades altas, descartando el peligro en su uso, de igual forma se verificó en los tratamientos que estos parámetros disminuyen en el proceso de compost y vermicompost, siendo el tratamiento B el más eficaz en reducción de estos metales.

a) pH

Los valores del pH se muestran en la Figura 7 con los tratamientos aplicados: A (compost) y B (vermicompost), comparadas con las dos normas aplicadas.

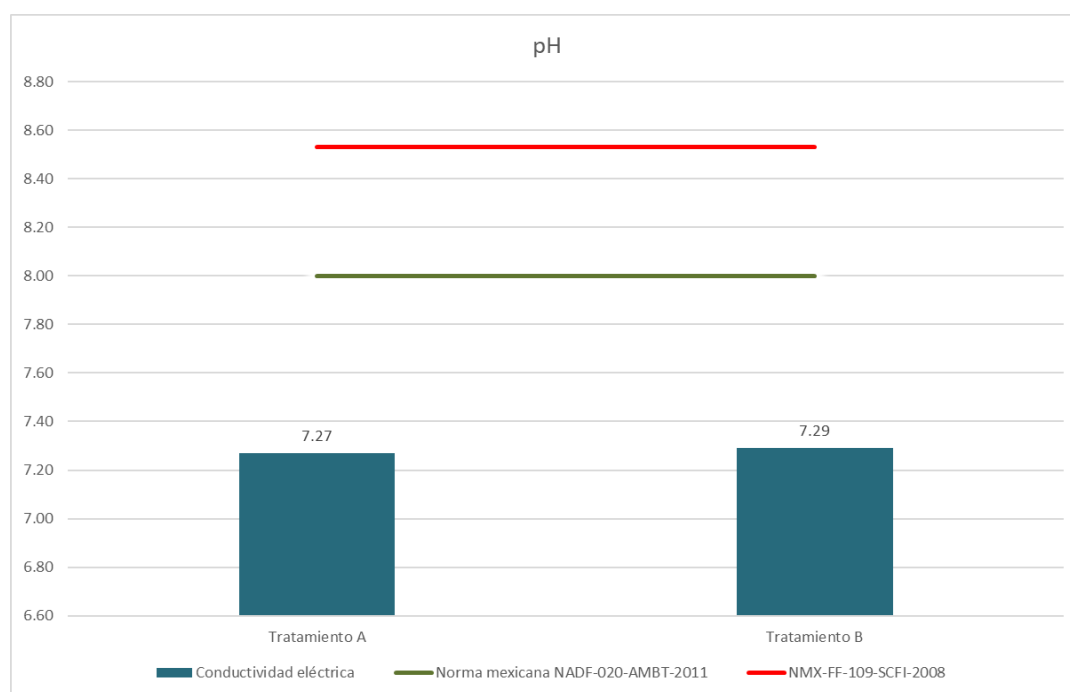


Figura 7. pH del biofertilizante

Se puede apreciar que el pH en los dos tratamientos es neutro, asumiendo que aumentó considerablemente, ya que el lodo analizado presentó un pH de 5.98, por lo que encuentra dentro del rango permisible establecido por la norma mexicana

NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008, favoreciendo ambos biofertilizantes.

b) Conductividad eléctrica

Los valores de la conductividad eléctrica se muestran en la Figura 8 con los tratamientos aplicados en los tratamientos A (compost) y B (vermicompost) comparadas con las dos normas aplicadas.

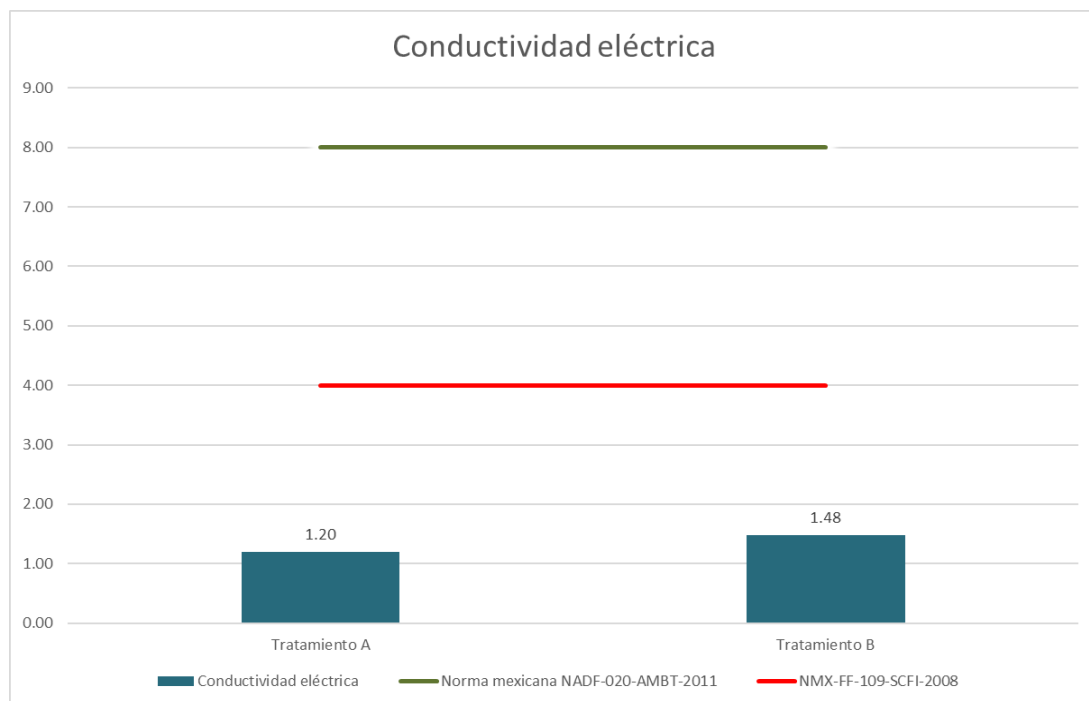


Figura 8. Conductividad eléctrica

Para el tratamiento A el valor es de 1.20% y el valor del tratamiento B es de 1.48%, encontrándose por debajo del rango permisible de las normas NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008.

c) **Materia orgánica**

Los valores de la materia orgánica se muestran en la Figura 9 con los tratamientos aplicados en los tratamientos A (compost) y B (vermicompost), comparadas con las dos normas aplicadas.

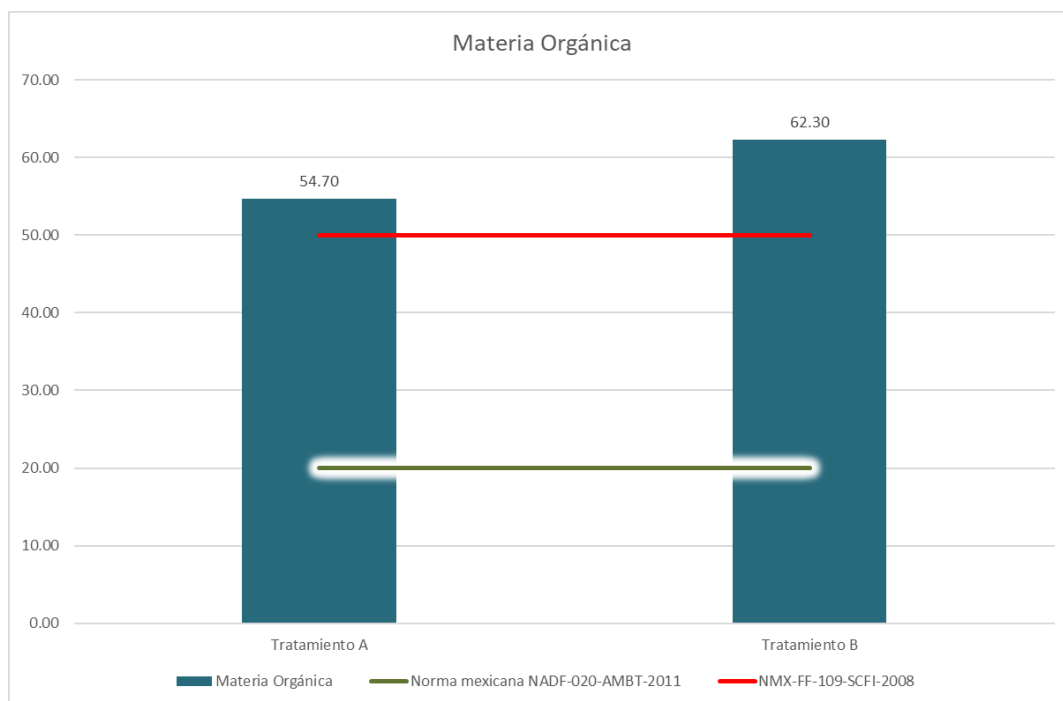


Figura 9. Materia orgánica

En este parámetro, los valores deben superar el límite máximo permisible, ya que a mayor % de materia orgánica mejor será la calidad del biofertilizante, es así que en el tratamiento A se obtiene 54.70% y en el tratamiento B a base de vermicompost se adquiere 62.30%. El lodo obtuvo 33.4% de materia orgánica, aumentando considerablemente en ambos tratamientos, demostrando que el resultado favorable para ambas normas; mexicana NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008.

d) Nitrógeno

Los valores de nitrógeno se muestran en la Figura 10 con los tratamientos aplicados en los tratamientos A (compost) y B (vermicompost) comparadas con las dos normas aplicadas.

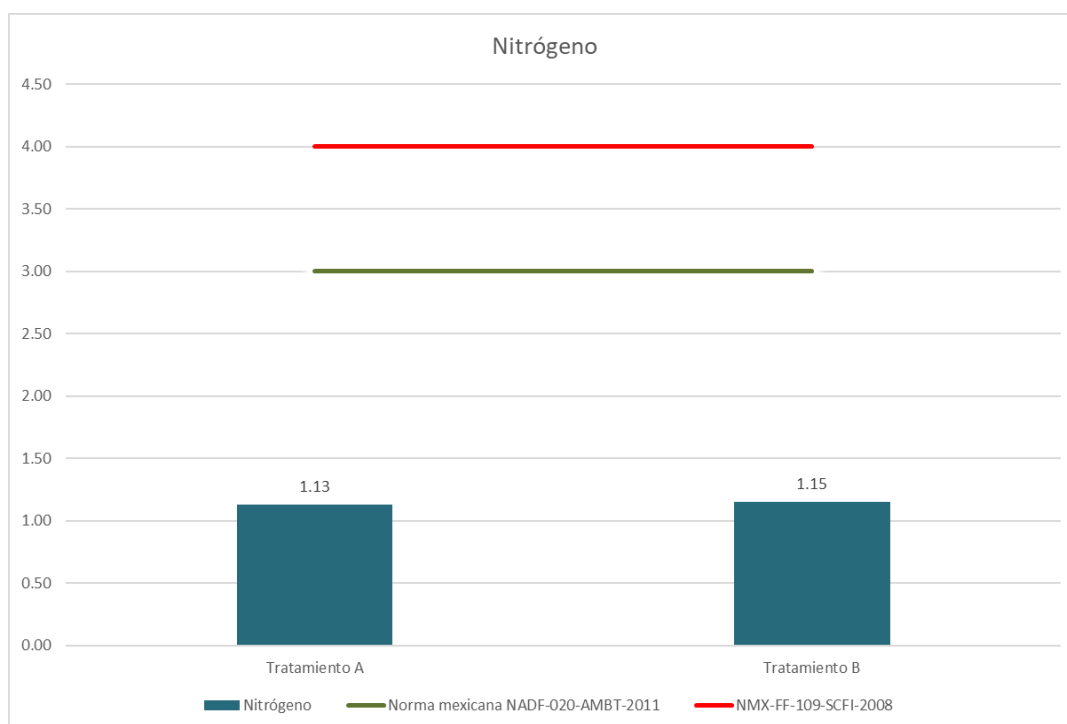


Figura 10. Nitrógeno

Los valores del nitrógeno en los tratamientos tienen un porcentaje adecuado para su uso, cabe mencionar que el lodo contaba con 6.04%, la diferencia de estos resultados varía al agregarle restos orgánicos, estiércol, cáscara de huevo y broza en el proceso de descomposición. El tratamiento A presenta un valor de 1.13%, superado por el tratamiento B, que obtuvo 1.15%, demostrando que ambos valores cumplen con los límites de las normas; NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008.

e) Humedad

Los valores de la humedad se muestran en la Figura 11 con los tratamientos aplicados en los tratamientos A (compost) y B (vermicompost) comparadas con las dos normas aplicadas.

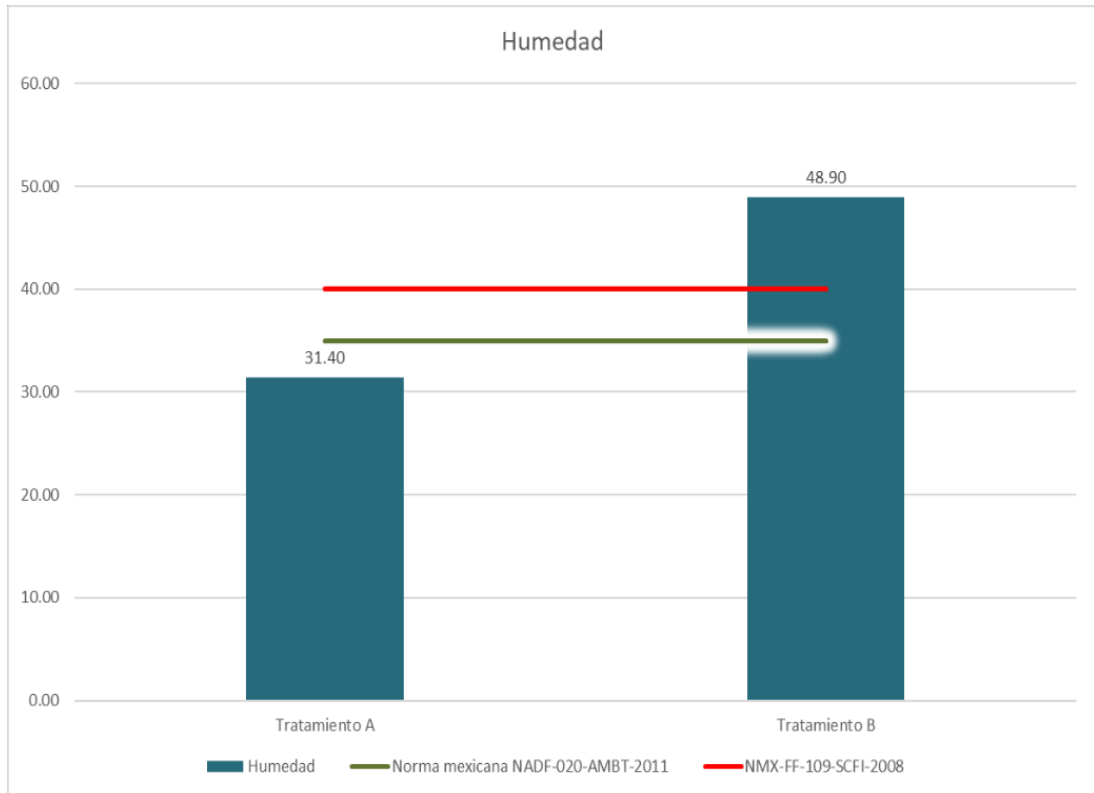


Figura 11. Humedad

Los datos obtenidos en los biofertilizantes muestreados evidencian que en el tratamiento A tiene una humedad de 31.40%, superado por el tratamiento B con 48.90 %, sus condiciones son aptas para el biofertilizante.

f) Relación C: N (Carbono/Nitrógeno)

Los valores de C: N se muestran en la Figura 12 con los tratamientos aplicados en los tratamientos A (compost) y B (vermicompost) comparadas con las dos normas aplicadas.

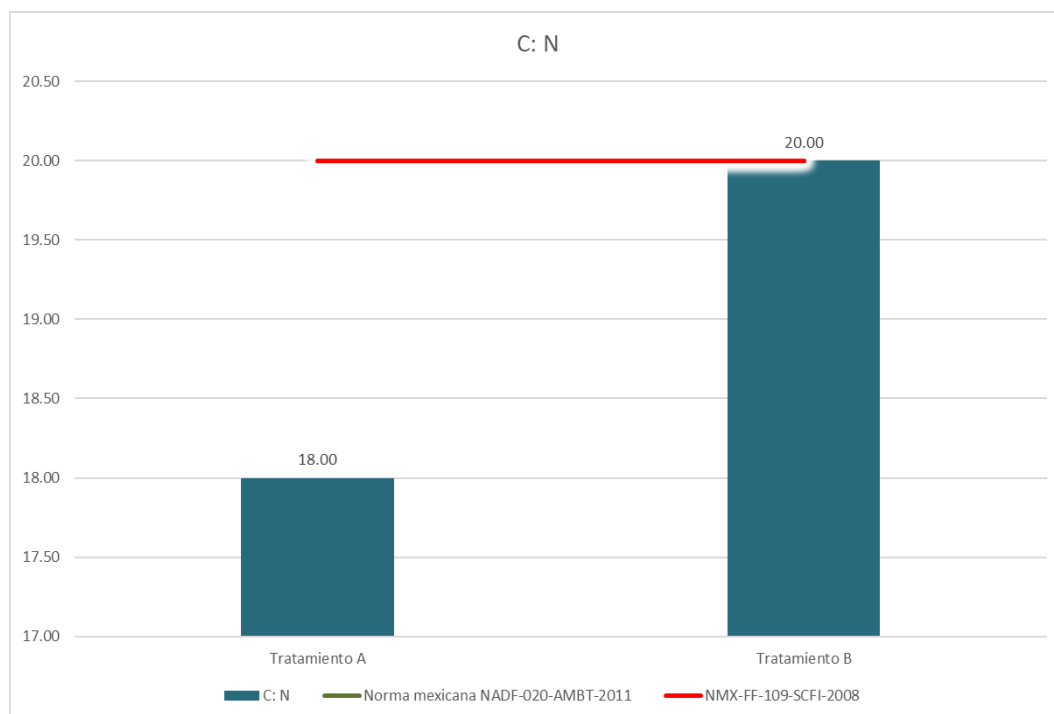


Figura 12. Relación C: N

Se puede observar que los valores de la relación carbono-nitrógeno expresados en %, el tratamiento A, a base de compost tuvo como resultado 18.0% y el tratamiento B de vermicompost 20.0%, demostrando que el tratamiento B tuvo mayor porcentaje por los restos orgánicos y estiércol, siendo ricos en nitrógeno, asimismo la cáscara de huevo y la broza fue fundamental en el proceso por su alto contenido en carbono, por lo tanto, cumple para ambas normas; mexicana NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008.

g) Metales pesados

Los valores de los metales evaluados se muestran en la Figura 13, realizando una comparación entre los lodos sin tratar y los ya tratados (compost y vermicompost).

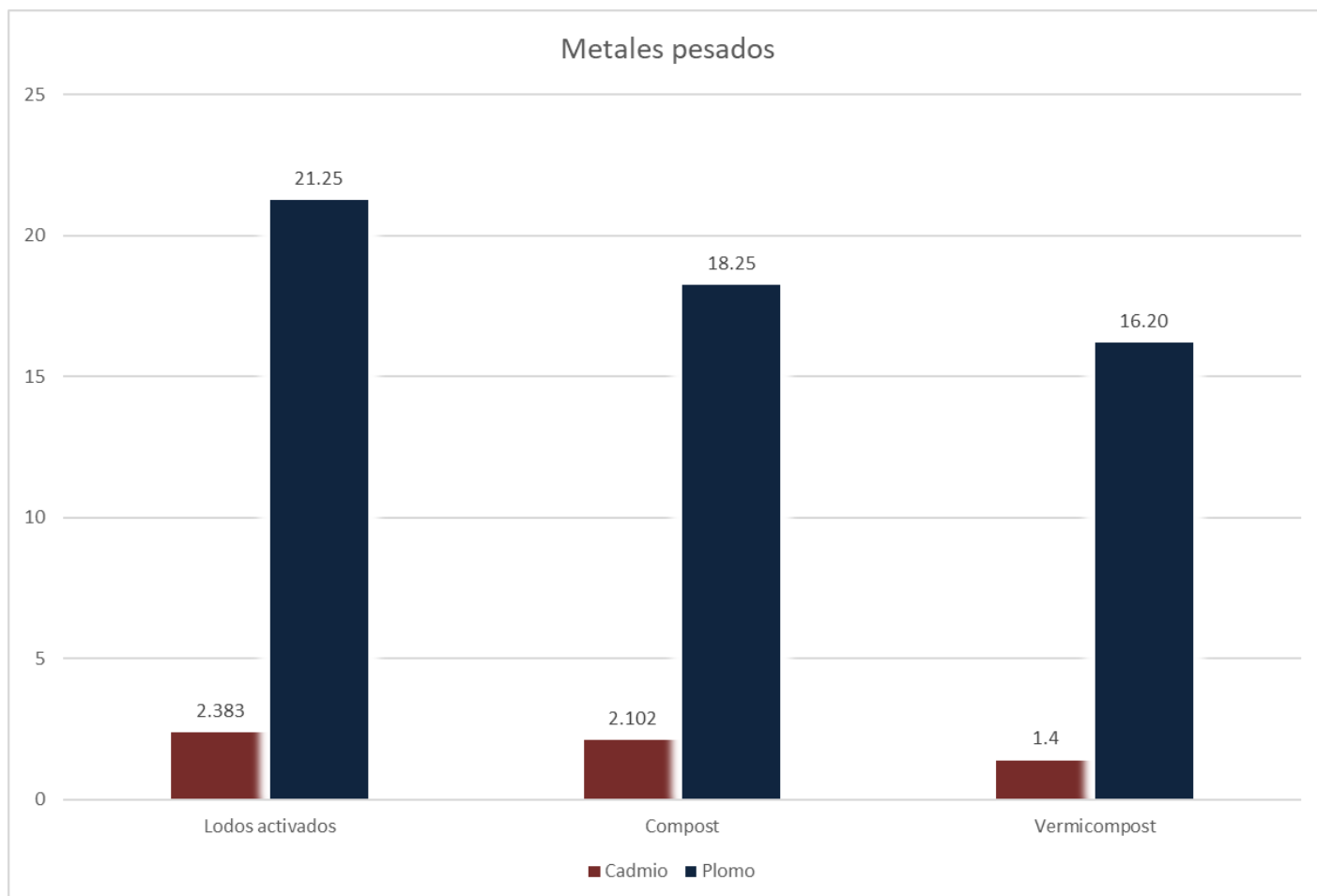


Figura 13. Comparación de metales pesados

Comparando los resultados de los lodos y los tratamientos, se observó que, si bien no presentan variaciones con gran significancia, se puede rescatar que por la cantidad analizada su reducción es favorable, tanto en el tratamiento A y el tratamiento B, siendo el vermicompost el más eficaz, con una variación de 2% menos.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización fisicoquímica y biológica de los lodos activados en una PTAR, Independencia, realizados en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, demostraron que los parámetros analizados están por debajo de los límites máximo permisibles en la norma mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, según se observa en la Tabla 9. Para Espinoza et al. (2021) los datos de la investigación indicaron que obtuvieron excesos de concentraciones de Cd, Zn y coliformes en 3 plantas y altos porcentajes de nitrógeno, materia orgánica y pH aceptable. Para verificar las características y límites permisibles de los contaminantes se usa la norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002 (Tabla 1).

Este proyecto de investigación tuvo como objetivo la obtención de biofertilizante a partir de lodos activados y otros aditivos para ser comparados con la norma NOM-004-SEMARNAT-2002, analizándose la calidad de acuerdo a los resultados obtenidos durante 3 meses por los tratamientos de compost y vermicompost. Similarmente, Valderrama (2013) también aprovechó los lodos de una PTAR en la generación de biofertilizantes. Bożym y Siemiątkowski (2018) obtuvieron resultados favorables al estabilizar el lodo con la metodológica de compostaje, donde el pH final fue de 7 y la materia orgánica de 33%, mientras que en la presente investigación se obtuvo un pH neutro (7), una temperatura de 19.7 °C, una humedad de 67.3% y un contenido de materia orgánica de 33.4%, representando un aporte beneficioso al uso de los lodos en suelos agrícolas. Por otra parte, Ma et al. (2022) elaboraron compostaje en un periodo de 91 días con un pH 7.4; asimismo, Flores et al. (2018) elaboraron un abono usando lodos activados a través de un consorcio microbiano y maleza a una temperatura de 24 °C, obteniendo un valor de materia orgánica de 58.99% en un periodo de 30 días. En la Tabla 10, se dieron a conocer los resultados del DQO y DBO₅, indicando que la presencia de parásitos fue alta, esto se debe a los lodos y su procedencia. Castañeda (2018) concluye que los biofertilizantes tienen un gran potencial para el uso agrícola, por su alto contenido de materia orgánica y la ventaja de aprovechar los residuos industriales, para el beneficio de la sociedad.

Por otro lado, Pomalaza y Ramos (2016) evaluaron los parámetros fisicoquímicos mediante el tratamiento de vermiestabilización de lodos en un periodo de 120 a 133 días, observándose un valor de pH de 7.42, el contenido de materia orgánica de 20.36%, y la relación carbono – nitrógeno en 26.78, mientras que, el lodo con el tratamiento a base de vermicompost presentó un pH neutro (7.29), relación carbono - nitrógeno (20), conductividad eléctrica de 1.48 dS/m, humedad del 48.9%, nitrógeno 1.157 % y materia orgánica de 62.3%.

En la presente investigación, los resultados en el tratamiento A mostraron un pH de 7.27, humedad de 31.40%, conductividad eléctrica de 1.20 dS/m, materia orgánica de 54.70%. Mientras que, en el tratamiento B se obtuvo un valor de pH de 7.29, humedad de 48.90%, conductividad eléctrica de 1.48 dS/m, materia orgánica de 62.30%. Estos valores obtenidos en ambos tratamientos son óptimos para la generación del biofertilizante.

De igual forma, Alfonzo et al. (2017) elaboraron un biofertilizante utilizando la técnica de lombricompostaje, pre-compostaje y digestión, caracterizando los lodos provenientes de trampas de grasas y aceites, teniendo como resultados la estabilización del pH 6.83, la materia orgánica de 56.40%, la disminución de la conductividad eléctrica a 0.0316 (dS m⁻¹), una humedad de 25.87%, la relación carbono-nitrógeno de 20.51 y el nitrógeno total de 1.59 %. Así mismo, Negi and Suthar (2018) y Karwal and Kaushik (2020), en sus investigaciones de vermicompostaje de cenizas de carbón con lodo, mostraron que en 90 días se obtuvo un valor de pH de 6.76, una conductividad eléctrica máxima de 4.84 dS/m, total de nitrógeno de 18%, una relación de carbono-nitrógeno de 18.96% y fósforo de 68%.

Al respecto, Trejos y Agudelo (2012) realizaron la implementación de una alternativa de tratamiento para la reutilización de los lodos activados, utilizando el método de lombricultivo mediante el uso de pastos (33.3%), barredura (33.3%) y lodos (33.3%). En un periodo de 2 meses a través de este tratamiento obtuvieron un biofertilizante con un pH de 5.19, humedad de 70%, materia orgánica de 16.35% y una relación de carbono-nitrógeno de 10.55%.

Torres y Yauri (2019), mediante el aprovechamiento del lodo de piscicultura en biofertilizante obtuvieron valores de humedad de 10.91%, materia orgánica de 2.15%, nitrógeno total de 0.05%, 0.00055 UFC/ml de *Coliformes fecales*, 0.00027 UFC/ml de *E. Coli* y no hubo presencia de huevos de helminto.

Álvarez y Rimski (2015) elaboraron tres fertilizantes orgánicos, utilizando lodos a base de piscicultura con cal. El primer fertilizante se realizó con el tratamiento del lombricompostaje, obteniendo un pH de 7.35%, una humedad de 89%, materia orgánica de 6.67%, una conductividad eléctrica de 89 dS/m, fósforo de 1394 mg/kg y nitrógeno de 0.33%. Para el segundo fertilizante utilizaron el pre-compostaje, consiguiendo un pH de 8.09, una humedad de 54%, una materia orgánica de 6.28%, una conductividad eléctrica de 106 dS/m, fósforo total de 1482 mg/kg y nitrógeno de 0.27%. Finalmente, en el tercer fertilizante se realizó con la digestión de los lodos, obteniendo un pH de 8.07, una humedad de 34.96%, una materia orgánica de 14.9%, una conductividad eléctrica de 215 dS/m, fósforo total de 3748 mg/m y nitrógeno de 0.61%. Similarmente, Cupe et al. (2018) obtuvieron biofertilizante mediante el uso de lodos activados a través de un consorcio microbiano y maleza tratados a 4 °C, obteniendo una materia orgánica de 58.99% en un periodo de 30 días.

La Norma mexicana NMX-FF-109-SCFI – 2008 indica que la fertilidad y calidad de los biofertilizantes se determina al comparar los valores de sus parámetros con los valores establecidos en la norma, estos no deben sobre pasar el límite.

Asto (2020), mediante la comparación de las técnicas de compostaje y vermicompostaje para el aprovechamiento de lodos de una PTAR, indica que la técnica más frecuente para generar los fertilizantes y de mejor calidad es trabajar con una T° de 45 a 70 °C, priorizando que la conductividad eléctrica sea menor de 1 dS.m⁻¹ y que la relación de carbono-nitrógeno debe ser de un rango de 15 a 40%, ya que estas condiciones demuestran el incremento de materia orgánica y de otros nutrientes, cabe mencionar que este proceso es económico, rentable y más eficiente.

Zheng et al. (2021) analizaron el destino de Ticlocarbán (TCC) en cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales donde observaron las características de degradación durante el proceso de compostaje y los riesgos ecológicos al momento de ingresar a diferentes compartimentos ambientales, teniendo como concentración inicial de TCC en el efluente de 731.1–812.4 mg/L, se biodegradó más del 53.4% del TCC durante el proceso de tratamiento de aguas residuales y menor del 2.5% se retuvo en el efluente. Asimismo, luego de 17 días de tratamiento de compostaje con aserrín y paja como agentes de carga, las tasas de biodegradación de TCC correspondieron al 65.7% y 82.8% en los lodos de depuradora.

Finalmente, de acuerdo con la hipótesis que se planteó, se aprueba que el uso de los lodos activados de la planta de tratamiento de aguas residuales en Independencia influye en la obtención del biofertilizante; así mismo, la elaboración de biofertilizante se plantea como propuesta en la PTAR para el aprovechamiento de los lodos, ya que el producto obtenido (biofertilizante) cumple con los parámetros establecidos en la normativa mexicana.

VI. CONCLUSIONES

- Se demostró que los lodos activados pueden ser aprovechados como biofertilizantes. En tres meses de tratamiento se comprobó que los lodos activados más los residuos orgánicos tuvieron las propiedades adecuadas como biofertilizante para el uso agrícola.
- Los lodos activados mostraron un pH ácido (5.98), temperatura de 19.7 °C, conductividad eléctrica de 63.1 dS/m, humedad de 67.3%, DBO de 473 mg/l, DQO de 1044 mg/l, materia orgánica de 33.4%, aceites y grasas de 65.7 mg/l, y valores de 2.383, 21.25, 1.04, 1.13 y 1.07 para cadmio, plomo, nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Además, presentaron *Coliformes totales* de 2.7×10^5 NMP/100 mL y *Coliformes fecales* de 2.5×10^5 NMP/100 mL. Estos parámetros fueron óptimos para el uso en suelos y en abonos según la norma mexicana NOM-004-SEMARNAT-2022.
- El análisis de los parámetros fisicoquímicos del biofertilizante a partir de ambos tratamientos mostró que cumplen con las normas NADF-020-AMBT-2011 y NMX-FF-109-SCFI-2008, clasificándolo en la categoría B, lo cual no representa un riesgo para la salud humana y puede ser empleado para la agricultura y reforestación. Los parámetros microbiológicos (*Coliformes fecales* y *Coliformes totales*) no cumplieron con la norma, pero tuvieron valores aceptables de <1500 NMP.

VII. RECOMENDACIONES

- Tener las proporciones similares de los componentes en ambos tratamientos de la elaboración del biofertilizante para realizar un comparativo.
- Realizar una caracterización completa de los lodos activados con el fin de conocer si es apto para ser aprovechados como biofertilizante.
- Mantener las condiciones adecuadas en la elaboración del biofertilizante para obtener un producto de mejor calidad. Estas consideraciones son el secado de los lodos activados, el adecuado volteado de las camas de tratamiento, entre otros.

REFERENCIAS

WAHAAB, Rifaat Abdel; MAHMOUD, Mohamed; VAN LIER, Jules B. Toward achieving sustainable management of municipal wastewater sludge in Egypt: the current status and future prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2020, vol. 127, p. 109880. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032120301738>

ALFONSO-ALVAREZ, Juan Antonio, et al. Obtención de un biofertilizante a partir de lodos provenientes de trampas de grasa. *Revista de Ciencias*, 2017, vol. 4, no 13, p. 46-57. Disponible en: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol4num13/Revista_de_Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias_V4_N13_5.pdf

ALPÍREZ, Jeanie, et al. Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio. *Revista de Iniciación Científica*, 2017, vol. 3, no 1, p. 50-57. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1697>

AMADOR-DÍAZ, Anisley; VELIZ-LORENZO, Eliet; BATALLER-VENTA, Mayra. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 2015, vol. 46, p. 1-10. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181642434003.pdf>

ARAUJO, Luis; MOLINA, Sandra; NOGUERA, Leidi. Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcción: revisión bibliográfica. *Revista Agunkuyâa*, 2018, vol. 8, no 1, p. 21-28. Disponible en: <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/view/1231>

ASTO RAFAELE, Solange. Comparación de la técnica de compost y vermicompost mediante el aprovechamiento de lodos de una PTAR. 2020. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1552/TB-Asto%20S.pdf?sequence=1>

BOŻYM, Marta; SIEMIĄTKOWSKI, Grzegorz. Characterization of composted sewage sludge during the maturation process: a pilot scale study. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, p. 34332-34342. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-3335-x>

BRIONES PONCE, Gema Eliana, et al. APLICACIONES DE SALES INORGÁNICAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

INDUSTRIALES PROCEDENTE DE LA REFINACIÓN DE ACEITES Y GRASAS (Application of inorganic salts in the treatment of industrial. 2020. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/2151282005/2151282005.pdf>

CASTAÑEDA PEDRAZA, Daniela Del Pilar. Viabilidad del aprovechamiento de biosólidos provenientes de la PTAR El Salitre como enmienda para producción de un fertilizante orgánico–mineral. 2018. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/12918>

CUI, Jian, et al. Improving earthworm quality and complex metal removal from water by adding aquatic plant residues to cattle manure. Journal of Hazardous Materials, 2023, vol. 443, p. 130145. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389422019392>

CUPE FLORES, Beatriz Esther; JUSCAMAITA MORALES, Juan Gabriel. Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico. Ecología aplicada, 2018, vol. 17, no 1, p. 107-118. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000100012

DANG, Bao-Trong, et al. Influence of C/N ratios on treatment performance and biomass production during co-culture of microalgae and activated sludge. Science of The Total Environment, 2022, vol. 837, p. 155832. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969722029291>

ESPINOZA ECHE, José Jorge. Innovación en la gestión de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en Lima-Perú. 2022. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/18947>

EZEMAGU, I. G., et al. Biofertilizer production via composting of digestate obtained from anaerobic digestion of post biocoagulation sludge blended with saw dust: physiochemical characterization and kinetic study. Environmental Challenges, 2021, vol. 5, p. 100288. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010021002675>

FERNÁNDEZ-SANTISTEBAN, María Teresa. Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para la centrifugas. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 2017, vol. 51, no 2, p. 70-73. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>

BARRERA, Aydee Figueroa, et al. Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos. Temas agrarios, 2012, vol. 17, no 1, p. 32-43. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4230882>

FLORES-ALSINA, Xavier, et al. Assessment of sludge management strategies in wastewater treatment systems using a plant-wide approach. Water Research, 2021, vol. 190, p. 116714. Disponible: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/263889463/1_s2.0_S0043135420312495_main.pdf

FRANCISCO ATENCIO, Jenny; RAMOS MATÍAS, Pedro; AGUIRRE YATO, Guillermo. Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra-Lima. Revista de la sociedad química del Perú, 2011, vol. 77, no 1, p. 66-74. Disponible: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2011000100008&script=sci_arttext

GALINDO, Luz Adriana Castro; OSORIO, John Wilson Martínez; BONILLA, Germán Andrés Estrada. Compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos. Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación, 2018, vol. 2, no 11, p. 7-15. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/German-Estrada-Bonilla/publication/327369168_Compostaje_enriquecido_con_fosforo_como_metodo_de_reaprovechamiento_de_los_residuos_organicos/links/5b8aaba992851c1e12407c3f/Compostaje-enriquecido-con-fosforo-como-metodo-de-reaprovechamiento-de-los-residuos-organicos.pdf

GONZALES VIDAL, Ana Lucila; SANCHEZ VELASQUEZ, Gabriela Shanell Sessy. Estudio de la calidad física, química y biológica del humus elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el Valle del Santa–2018. 2019. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3470/49933.pdf?sequence=1>

GROBELAK, Anna, et al. Sewage sludge processing and management in small and medium-sized municipal wastewater treatment plant-new technical solution. Journal of Environmental Management, 2019, vol. 234, p. 90-96. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479718315391>

GUERRA CARDENAS, Maria de los Angeles Lisbeth. Remoción de DQO y DBO, presentes en aguas residuales, mediante reactores UASB: una revisión de la literatura científica entre los años 2010-2020. 2021. Disponible en:

https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/26077/Trabajo%20de%20Investigaci%C3%B3n_Total.pdf?sequence=2&isAllowed=y

HAKEEM, Ibrahim Gbolahan, et al. Advances in biosolids pyrolysis: roles of pre-treatments, catalysts and co-feeding on products distribution and high-value chemical production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2022, p. 105608. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165237022001784>

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. S.l.: Mac Graw Hill. [Consulta: 13 julio 2022]. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

KARWAL, Minakshi; KAUSHIK, Anubha. Co-composting and vermicomposting of coal fly-ash with press mud: changes in nutrients, micro-nutrients and enzyme activities. *Environmental Technology & Innovation*, 2020, vol. 18, p. 100708. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186419305693>

LOPEZ DE LA MAZA, L., PERÉZ, O. y ZUMALACARREGUI, L., 2016. Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* [en línea], vol. 374, no. 2065. [Consulta: 6 diciembre 2022]. ISSN 1364503X. DOI 10.1098/RSTA.2015.0202. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/334849979 Analisis de componentes principales aplicado a la fermentacion alcoholica](https://www.researchgate.net/publication/334849979_Analisis_de_componentes_principales_aplicado_a_la_fermentacion_alcoholica)

LÓPEZ, E., ANDRADE, A., HERRERA, M., GONZALEZ, O. y GARCÍA DE LA FIGAL, A., 2017. Propiedades de un compost obtenido a partir de residuos de la producción de azúcar de caña. [en línea], vol. 44, no. 3, pp. 49-55. ISSN 2072-2001. Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu>

MA, Bingbing, et al. Efficient pollutant removal from deodorization wastewater during sludge composting using MBR-CANON process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, vol. 10, no 6, p. 108586. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343722014592>

MANCIPE ARIAS, L.M. y TRIVIÑO RESTREPO, M. del P., 2018. Valoración de lodos de plata de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como materia prima para la extracción de lípidos en la obtención de biodiesel. *Revista ION* [en línea], vol. 31, no. 1, pp. 71-79. ISSN 0120100X. DOI

10.18273/revion.v31n1-2018012. Disponible en:
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/8764/9133>

MARÍN BAHAMÓN, Daniela. Propuesta de aprovechamiento de lodos residuales provenientes de una PTAR del municipio de Sopó Cundinamarca para la producción de un fertilizante órgano-mineral. 2019. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad de América. Disponible en:
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12235/2/IV_FIN_107_TE_Ayala_Mila_Montero_2022.pdf

MASHABA, Machel, et al. A method validation for determining gross alpha-beta activity concentration in water samples using LSC. Applied Radiation and Isotopes, 2023, vol. 191, p. 110544. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969804322004298>

MEDINA, Eduardo Campos, et al. Análisis básico del reuso de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales en suelos de pradera del Parque Nacional Nevado de Toluca. Quivera. Revista de Estudios Territoriales, 2009, vol. 11, no 2, p. 35-51. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/401/40113786003.pdf>

MORENO RESÉNDEZ, Alejandro, et al. Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable. Revista Colombiana de Biotecnología, 2018, vol. 20, no 1, p. 68-83. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752018000100068

NEGI, Renu; SUTHAR, Surindra. Degradation of paper mill wastewater sludge and cow dung by brown-rot fungi *Oligoporus placenta* and earthworm (*Eisenia fetida*) during vermicomposting. Journal of cleaner production, 2018, vol. 201, p. 842-852. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618324041>

OTZEN, Tamara; MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International journal of morphology, 2017, vol. 35, no 1, p. 227-232. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext&tlng=pt

PAUCAR, Flor, et al. Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. South Sustainability, 2020, vol. 1, no 1, p. e004-e004. Disponible en:
<https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/599>

POMALAZA SALINAS, Janice Carolina; RAMOS PAUCAR, Jacob Fernando. Vermiestabilización de lodos activados para la obtención de compost y su efecto en el índice de calidad de plántulas de *Pinus radiata* D. Don. –San Pedro de Saño. 2016. Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3479/Pomalza%20Salinas-Ramos%20Paucar.pdf?sequence=1>

QUINTANA-BLANCO, Wilmer Alejandro; PINZÓN-SANDOVAL, Elberth Hernando; TORRES, David Fernando. Evaluación del crecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) CV ica cerinza, bajo estrés salino. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 2016, vol. 19, no 1, p. 87-95. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100010

REYES- AGUILERA, E., 2018. Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Revista Científica de FAREM-Estelí* [en línea], no. 24, pp. 60-81. [Consulta: 6 diciembre 2022]. ISSN 2305-5790. DOI 10.5377/FAREM.V0I24.5552. Disponible en: <https://www.camjol.info/index.php/FAREM/article/view/5552>

SANTOS, Andreia F., et al. From wastewater to fertilizer products: Alternative paths to mitigate phosphorus demand in European countries. *Chemosphere*, 2021, vol. 284, p. 131258. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521017306>

SARDUY, Y., 2007. El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. [en línea], [Consulta: 6 diciembre 2022]. ISSN 1561-3127. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020

SHIM, Moo Joon, et al. HNO₂ treatment of sludge: An alternative way of sludge usage as fertilizer. *Journal of environmental management*, 2020, vol. 258, p. 110016. Disponible en: <https://acortar.link/40uxXK>

SIERRA, O., RENGIFO, J. y MUÑOZ, A., 2019. Crecimiento de larvas de mosca soldado alimentadas con gallinaza, porcínaza y alimento para ponedoras. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA* [en línea], vol. 11, no. 2, pp. 730-730. [Consulta: 6 diciembre 2022]. ISSN 2027-4297. DOI 10.24188/RECIA.V11.N2.2019.730. Disponible en: <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/Articulo730>

TAFUR RIVERA, Lorena. Tecnologías de cavitación hidrodinámica y nanopartículas de plata para la mejora de la calidad de aguas residuales

industriales, Lima, 2019. 2019. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48454>

TEJADA, Manuel, et al. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. *European journal of agronomy*, 2016, vol. 78, p. 13-19. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030116300867>

TREJOS VÉLEZ, Mariana; AGUDELO CARDONA, Natalia. Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa “Comestibles La Rosa” como alternativa para la generación de biosólidos. 2012. Disponible en:
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/1a42fd34-6604-41a3-80aa-b165dc1ccc3f/content>

VALDERRAMA, M. L. Factibilidad de aprovechamiento de los lodos residuales de la PTAR del Municipio de Chinavita (Boyaca). Trabajo de investigación presentado como requisito para optar por el título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales. Colombia, 2013. Disponible en:
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/944>

VÉLEZ, Juan Alberto Zuluaga. Los biosólidos: ¿una solución o un problema? *Producción Más Limpia*, 2007, vol. 2, no 2. Disponible en:
http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/532/1/PL_V2N2_57-71_biosolidos.pdf

ZHENG, Guodi, et al. Fate and biodegradation characteristics of triclocarban in wastewater treatment plants and sewage sludge composting processes and risk assessment after entering the ecological environment. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 412, p. 125270. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389421002338>

ZHOU, Kai, et al. Waste to worth: A new approach to treat wastewater sludge. *Separation and Purification Technology*, 2023, vol. 305, p. 122412. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586622019670>

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Operacionalización de Variables			Metodología			
			Variables	Dimensiones	Indicadores				
¿Cómo se realiza el aprovechamiento de los lodos activados generando biofertilizante?	Obtención de biofertilizante a partir de los lodos activados.	El uso de lodo se puede aprovechar para la generación de biofertilizante	Independiente:	Lodos activados de la PTAR	Características del lodo	pH	Tipo y diseño: aplicada y experimental Población: lodos activados Muestra: 15 kg Muestreo: método aplicado Unidad de análisis: Lodos generados Unidad de análisis: Lodos generados		
						C.E			
C.E y M. O									
Humedad									
Cd. Pb, N, P									
DBO y DQO									
C. Fecales y C. Totales									
Aceites y grasas									
				Cantidad de lodo	Peso				
Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específicas	Dependiente:	Biofertilizante	Tratamiento	T - A	Lodo/R.O./cascara de huevo/estiércol de cuy		
						T - B	Lodo/R.O./cascara de huevo/broza de café/estiércol de cuy/ lombriz		
¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de los lodos para la elaboración de biofertilizante?	Evaluar los parámetros fisicoquímicos y biológicos de los lodos activados en la PTAR de Independencia	El lodo residual es eficiente para la generación de biofertilizante			Dependiente:	Biofertilizante	Físico	Aceites y grasas, pH, C/N, Humedad, C. E	Instrumentos: 2 fichas de técnicas Método de análisis: Microsoft y Excel
							Químico	N, P, K, M. O, Salinidad, Aceites y grasas	
Biológico	C. Totales y C. Fecales								
¿Cuál es la calidad del biofertilizante a partir de evaluar los parámetros de dos tratamientos con lodos?	Evaluar la calidad de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del biofertilizante aplicando lodos y la factibilidad de dos tratamientos.	El lodo compostado y vermicompostado influye en la mejora de los parámetros fisicoquímicos y químicos del biofertilizante.							

ANEXO 2. Operacionalización de variables

Generación de biofertilizante mediante el aprovechamiento de los lodos activados de una PTAR, Independencia - 2022							
Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición / Unidades	
Independiente:	Lodos activados de la PTAR	Los lodos activados son un proceso biológico utilizado en el tratamiento convencional de aguas residuales que implica el crecimiento de bacterias diseminadas en grumos en un tanque de aguas residuales tratadas, agitadas y con aire (Alpírez, 2017).	Se recolectó la muestra de los lodos y se caracterizó. Luego, se preparó las composteras para colocar las dosis correspondientes para obtener el producto final.	Características del lodo	pH	0-14	
					C.E	dS /m	
					Volumen	m ³	
					Humedad	%	
					M. O	%	
					Cd, Pb, N, P	g/mL	
					DBO	mgO ₂ /L	
					DQO	mg/L O ₂	
					<i>C. Fecales</i>	NMP	
					<i>C. Totales</i>	NMP	
Independiente:	Lodos activados de la PTAR	Los lodos activados son un proceso biológico utilizado en el tratamiento convencional de aguas residuales que implica el crecimiento de bacterias diseminadas en grumos en un tanque de aguas residuales tratadas, agitadas y con aire (Alpírez, 2017).	Se recolectó la muestra de los lodos y se caracterizó. Luego, se preparó las composteras para colocar las dosis correspondientes para obtener el producto final.	Cantidad de lodo	Peso	Kg	
				Tratamientos	T - A	Lodo/R.O./cascara de huevo /estiércol de cuy	Kg
					T - B	Lodo/R.O./cascara de huevo/broza de café/estiércol de cuy/lombriz	Kg
Dependiente:	Biofertilizante	Se considera biofertilizantes a todos los productos que contienen microorganismos, aplicados al suelo mediante la siembra, que pueden convivir con las plantas y ayudar a nutrirlas y protegerlas, con el fin de sustituir parcial o totalmente a los fertilizantes sintéticos y reducir los efectos de la contaminación. A diferencia de los fertilizantes sintéticos y reducir los efectos de la contaminación ya que son productos biológicos (Moreno, 2018)	Una vez obtenido el biofertilizante, este se caracterizó para evaluar su calidad y cumplimiento con todos los parámetros establecidos por la norma mexicana vigente.	Físico	Humedad	%	
					M. O	%	
					C/N	UN	
					pH	0-14	
					C.E	dS/m	
				Químico	N, P, K	%	
					Salinidad	g/L	
					Aceites y Grasas	mg/L	
				Biológico	C. Totales	NMP/100mL	
					C. Fecales	UCF/mL	


ANEXO 3. Normativa mexicana del compost


Tabla 12. Norma mexicana NADF-020-AMBT-2011

PARÁMETRO	TIPO DE COMPOSTA		
	A	B	C
Uso recomendable	Sustrato en viveros y sustituido de tierra para maceta	Agricultura ecológica y reforestación	Paisaje, áreas verdes
Humedad	25 – 35 % en peso		25 – 45 % en peso
pH	6,7 - 7,5	6,5 - 8	
Conductividad eléctrica	< 4 dS/m	< 8 dS/m	< 12 dS/m
Materia Orgánica	> 20 % MS		> 25 % MS
Carbono total			
Nitrógeno total % MS	Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Relación C/N	< 15	< 20	< 25
Macronutrientes (NPK) en %MS	De 1 % a 3 % en cualquiera de ellos y su suma ≤7 % portara la leyenda. "Composta-mejorador de suelos. Si cualquiera excede 3% o la suma es mayor a 7% debe portar la leyenda" composta para nutrición vegetal y se indicaran las cantidades de cada macronutriente.		
Granulometría	< 10mm	<30mm	
Fitotoxicidad (IG)	IG ≥ 85 %	IG ≥ 75 %	IG ≥ 60 %
Diferencia de temperatura con el ambiente medida a una profundidad < 50°C	≤ 10°C		≤ 15 °C
Microorganismos			
<i>Coliformes fecales</i>	< 1000 NMP */g (en base seca)		
<i>Salmonella</i>	< 3 NMP en 4g (en base seca)		
<i>Huevos de helmintos viables</i>	1 en 4g (en base seca)		

Anexo 4. Instrumentos y formatos de validación.

Ficha 1. Toma de muestra y caracterización de los lodos residuales																		
Título		Generación de biofertilizante mediante el aprovechamiento de los lodos de una PTAR, Independencia - 2022																
Línea de investigación		Tratamiento y gestión de los residuos																
Responsables		Diana P. Briceño Torrejón																
		Gianella D. Torpoco Tamayo																
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto																
Fecha:																		
Información de la muestra																		
Coordenadas		Identificación de la muestra		Parámetros														
Latitud	Longitud	Código	N° de muestra	Físicos					Químicos								Microbiológicos	
				pH	Peso (Kg)	C.E (dS/m)	Volumen (m3)	Humedad (%)	Cd (g/ml)	N (g/ml)	Pb (g/ml)	DBO (mgO2/l)	DQO (dS/m)	P (g/ml)	M.O (%)	Aceites y Grasas (mg/L)	C. Fecales (NMP/100ml)	C. Totales (UCF/ml)


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


LUIS FERMÍN HOLGUÍN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111F11


LUANA Y CAPELLA CONSTRUCTORES E.I.R.L.

Ing. Miguel Ángel Mendoza Solís
 CIP N° 210060
 ESPECIALISTA DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Ficha 2. Evaluación de las características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante

Título	Generación de biofertilizante mediante el aprovechamiento de los lodos de una PTAR, Independencia - 2022											
Línea de investigación	Tratamiento y gestión de los residuos											
Responsables	Diana P. Briceño Torrejón											
	Gianella D. Torpoco Tamayo											
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto											
Fecha:												
Características del biofertilizante												
N° de muestra	Parámetros											
	Físicos				Químicos						Microbiológicos	
	pH	C:N	Humedad (%)	C.E	Aceites y Grasas (mg/L)	Salinidad (g/l)	M. O (%)	N(g/ml)	P(g/ml)	K(g/ml)	C. Fecales (NMP/100ml)	C. Totales (UCF/ml)
M1												
M2												
M3												


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


**LUIS FERMÍN
 HOLGUÍN ARANDA**
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111F11



**LUANA Y CAPELLA
 CONSTRUCTORES E.I.R.L.**

Ing. Miguel Ángel Mendoza Solís
 CIP N° 210060
 ESPECIALISTA DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Anexo 5. Cadena de custodia de la caracterización de lodos.

Anexo 5.1. Cadena de custodia de la caracterización de metales pesados.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ SUELO, LODO Y SEDIMENTO										L: F-0PE-1.12.1 R: 01 I.V.: 2020-Feb-13								
Datos del cliente										Orden de servicio: 5243				Pág. de						
Razón Social: <i>Ornella Dayan Torpoco Tamayo</i>										Plan de Monitoreo: <i>CC-22-37192</i>										
Persona de contacto: Correo / Teléfono:										Informe de ensayo: <i>1E-22-18293</i>										
Nombre del proyecto: <i>Tesis</i>										Procedencia o lugar de muestreo: <i>Independencia</i>										
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						PARAMETROS DE ENSAYO										OBSERVACIONES				
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Tipo de Muestra (Suelo, Lodo, Sedimento)	Ubicación	N° Frascos			Cadmio	Plomo										
					Coordenadas (UTM)	V	P	B												
1	S-01	4-72 57108	F: 17-10-22 H: 11-15	Lodo	N: E:				✓	✓										
2			F: H:		N: E:															
3			F: H:		N: E:															
4			F: H:		N: E:															
5			F: H:		N: E:															
6			F: H:		N: E:															
7			F: H:		N: E:															
8			F: H:		N: E:															
9			F: H:		N: E:															

Descripción de equipos utilizados:		Muestreado por:		Cliente:		Leyenda	
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	Nombre:				V: Vidrio T° amb. : Temperatura ambiente P: Plástico T° refr. : Temperatura de refrigeración B: Bolsa C : Conforme N: Norte F : Fecha E: Este H : Hora
1			Fecha:				
2			Firma:				

Muestreado por: ALAB Cliente

Prolongación Zaramilla Mz D2 Lt 3. Asociación Daniel Alcides Carrión. Bellavista. Callao. Lima
 Web site: www.alab.com.pe E-mail: grupo.comercial@alab.com.pe - RUC : 20600651901 - TF: (01)4531389 - (01)7130636 Cel.: 940598588 - 932646458

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

INFORMES

Anexo 6. Resultados de la caracterización de lodos.

Anexo 6.1: Resultados de metales pesados.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-18293

N° Id.: 0000061970

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: GIANELLA DAYAN TORPOCO TAMAYO
2.-DIRECCIÓN	: SANTOS CHOCANO 441, COMAS
3.-PROYECTO	: TESIS
4.-PROCEDENCIA	: INDEPENDENCIA
5.-SOLICITANTE	: GIANELLA DAYAN TORPOCO TAMAYO
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000005243-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2022-11-02

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
2.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2022-10-17
3.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2022-10-17 al 2022-11-02

Liz Y. Quipe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3 , Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág. 1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-18293

N° Id.: 0000061970

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ⁽¹⁾	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th). 2020.	METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn, Hg, B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th. Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils.

⁽¹⁾"EPA": U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3 , Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:
Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:
Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-18293

N° Id.: 0000061970

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-57108
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-01
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				17-10-2022 11:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos ICP MS				
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	2,383
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	21,25

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"
SEDE PRINCIPAL

 Av. Guardia Chalaca 1877,
 Bellavista, Callao P (+511)
 7175810 / Anexo 112 Cel.:
 940 598 572
www.alab.com.pe
SEDE ZARUMILLA

 Prolongación Zarumilla Mz
 D2, Lt3 , Bellavista, Callao
 P (+511) 7130636
 Cel.: 932646460
www.alab.com.pe
SEDE AREQUIPA:

 Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
 P (+073) 616843
 Cel.: 932646642
www.alab.com.pe
SEDE PIURA:

 Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
 Miraflores II Etapa - Ref. Costado
 del colegio San Ignacio de Loyola. P
 (+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.3 de 3

Anexo 7. Resultados de la caracterización del Biofertilizante.

Anexo 7.1: Resultados de metales pesados.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 097



Registro N° LE - 097

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-18295

N° Id.: 0000061970

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : GIANELLA DAYAN TORPOCO TAMAYO
2.-DIRECCIÓN : SANTOS CHOCANO 441, COMAS
3.-PROYECTO : TESIS
4.-PROCEDENCIA : INDEPENDENCIA
5.-SOLICITANTE : GIANELLA DAYAN TORPOCO TAMAYO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000005245-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-11-15

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Suelos
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
2.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-10-08
3.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-10-08 al 2022-11-15

Liz Y. Quijpe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca 1877,
Bellavista, Callao P (+511)
7175810 / Anexo 112 Cel.:
940 598 572
www.alab.com.pe

SEDE ZARUMILLA

Prolongación Zarumilla Mz
D2, Lt3, Bellavista, Callao
P (+511) 7130636
Cel.: 932646460
www.alab.com.pe

SEDE AREQUIPA:

Mz. E Lt.5 COOP SIDSUR
P (+073) 616843
Cel.: 932646642
www.alab.com.pe

SEDE PIURA:

Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
Miraflores II Etapa - Ref. Costado
del colegio San Ignacio de Loyola. P
(+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.1 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-18295

N° Id.: 0000061970

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ⁽¹⁾	EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014/EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th). 2020.	METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, V, Zn, Hg, B, Ca, Ce, Fe, K, Li, Mg, Mo, Na, P, Si, Sn, Sr, Ti, Bi, U, Th. Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils.

(1) "EPA": U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

SEDE PRINCIPAL
 Av. Guardia Chalaca 1877,
 Bellavista, Callao P (+511)
 7175810 / Anexo 112 Cel.:
 940 598 572
www.alab.com.pe
SEDE ZARUMILLA
 Prolongación Zarumilla Mz
 D2, Lt3 , Bellavista, Callao
 P (+511) 7130636
 Cel.: 932646460
www.alab.com.pe
SEDE AREQUIPA:
 Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
 P (+073) 616843
 Cel.: 932646642
www.alab.com.pe
SEDE PIURA:
 Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
 Miraflores II Etapa - Ref. Costado
 del colegio San Ignacio de Loyola. P
 (+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.2 de 3

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-18295

N° Id.: 0000061970

IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-22-57111
CÓDIGO DEL CLIENTE:				S-01
COORDENADAS:				NO APLICA
UTM WGS 84:				NO APLICA
PRODUCTO:				SUELOS
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				08-10-2022 11:15
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales Totales en suelos ICP MS				
Cadmio (*)	mg/Kg	0,005	0,020	2,102
Plomo (*)	mg/Kg	0,05	0,20	18,25

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

 L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq "= Menor que el L.C.M.

 L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq "= Menor que el L.D.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"
SEDE PRINCIPAL

 Av. Guardia Chalaca 1877,
 Bellavista, Callao P (+511)
 7175810 / Anexo 112 Cel.:
 940 598 572
www.alab.com.pe
SEDE ZARUMILLA


 Prolongación Zarumilla Mz
 D2, Lt3 , Bellavista, Callao
 P (+511) 7130636
 Cel.: 932646460
www.alab.com.pe
SEDE AREQUIPA:

 Mz. E Lt.9 COOP SIDSUR
 P (+073) 616843
 Cel.: 932646642
www.alab.com.pe
SEDE PIURA:

 Calle Los Ebanos Mz G LT 17 Urb.
 Miraflores II Etapa - Ref. Costado
 del colegio San Ignacio de Loyola. P
 (+073) 542335 Cel.: 919 475 133
www.alab.com.pe

Pág.3 de 3

Anexo 8: Resultados de parámetros fisicoquímicos y biológicos.

	ENSAYO N°01 -G- 2022-2
	INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE LODOS
	LABORATORIO DE QUÍMICA UCV-LIMA NORTE

Tipo de ensayo:	Análisis Físico-químicos y biológicos
Matriz:	Lodos activados
Descripción de la muestra:	Muestra inicial
Muestra tomada por:	Gianella Dayan Torpoco Tamayo – Diana Paola Briceño Torrejón
Fecha de ingreso de la muestra:	25-09-2022

pH			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	-	5.98

Temperatura			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	°C	19.7

Conductividad Eléctrica			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	dS/m	63.1

Humedad			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	%	67.3

Materia orgánica			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	mg/l	33.4

Aceites y grasas			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	mg/l	65.7


Demanda Bioquímica de Oxígeno			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	mg/l	473

Demanda Química de Oxígeno			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	mg/l	1044

Nitrógeno (N)			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	%	1.04

Fósforo (P)			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	%	1.13

Potasio (K)			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	%	1.07

	ENSAYO N°02 -G- 2022-2
	INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE LODOS
	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍAUCV-LIMA NORTE

Tipo de ensayo:	Análisis Biológico
Matriz:	Lodos
Descripción de la muestra:	Muestra inicial
Muestra tomada por:	Gianella Dayan Torpoco Tamayo – Diana Paola Briceño Torrejón
Fecha de ingreso de la muestra:	25-09-2022

Coliformes totales			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	NMP/100mL	2.7×10^5

Coliformes fecales			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-INICIAL	Muestra	NMP/100mL	2.5×10^5

Metodología APHA-AWWA-WEF (2012)5210B

de análisis: Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992

 SMEWW-APHA-AWWA 2510 B. (2017)

 SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.

 APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B

 APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended


 International Commission on Microbiological Specifications for Food. 1983.

 2da Ed. Vol 1 Part II, (Trad. 1988) Reimp.


 Hitler Román Pérez
 ING. AMBIENTAL

Jefe de laboratorio

Anexo 9: Resultados de caracterización de biofertilizantes.

	ENSAYO N°03 -G- 2022-2
	INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE LODOS
	LABORATORIO DE QUÍMICA UCV-LIMA NORTE

Tipo de ensayo:	Análisis Físico-químicos y biológicos
Matriz:	Biofertilizante
Descripción de la muestra:	Muestra tratada mediante compostaje y vermicompost
Muestra tomada por:	Gianella Dayan Torpoco Tamayo – Diana Paola Briceño Torrejón
Fecha de ingreso de la muestra:	07-10-2022

pH			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	-	7.27
M-B	Muestra	-	7.27

Conductividad Eléctrica			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	dS/m	1.2
M-B	Muestra	dS/m	1.48

Humedad			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	%	31.4
M-B	Muestra	%	48.9

Materia orgánica			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	mg/l	54.7

M-B	Muestra	mg/l	62.3
-----	---------	------	------


Aceites y grasas			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	mg/l	14.1
M-B	Muestra	mg/l	12.2

Nitrógeno (N)			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	%	1.138
M-B	Muestra	%	1.157

Fósforo (P)			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	%	1.211
M-B	Muestra	%	1.187

Potasio (K)			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	%	1.111
M-B	Muestra	%	1.118

C: N			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
			R-1
M-A	Muestra	-	18
M-B	Muestra	-	20

	ENSAYO N°04 -G- 2022-2
	INFORME DE RESULTADOS- MUESTREO DE LODOS
	LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA UCV-LIMA NORTE

Tipo de ensayo:	Análisis Biológico
Matriz:	Biofertilizante
Descripción de la muestra:	Muestra tratada mediante compostaje y vermicompost
Muestra tomada por:	Gianella Dayan Torpoco Tamayo – Diana Paola Briceño Torrejón
Fecha de ingreso de la muestra:	07-10-2022

Coliformes totales			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-A	Muestra	NMP/100mL	1.5 x 10 ³
M-B	Muestra	NMP/100mL	1.5 x 10 ³

Coliformes fecales			
Estación	Tipo de resultado	Unidad de medida	Resultados
M-A	Muestra	NMP/100mL	1.1 x 10 ³
M-B	Muestra	NMP/100mL	1.1 x 10 ³

M-A: Tratamiento A, compostaje.

M-B: Tratamiento B, vermicompost.

APHA-AWWA-WEF (2012)5210B

Estándar Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992

SMEWW-APHA-AWWA 2510 B. (2017)

SM 2130 B. Turbidity. Nephelometric Method.

APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B

APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012. Solids. Total Suspended

Solids Dried at 103-105°C.



Hitler Román Pérez
 ING. AMBIENTAL

Jefe de laboratorio

Anexo 10. Validez del instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra y caracterización de lodos residuales**
 1.5. Autores de Instrumento: **Briceño Torrejón, Diana Paola y Torpoco Tamayo, Gianella Dayan**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 24 de junio del 2022


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de las características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante**
 1.5. Autores de Instrumento: **Briceño Torrejón, Diana Paola y Torpoco Tamayo, Gianella Dayan**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 24 de junio del 2022


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

I.1. Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA LUIS FERMIN**

I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**

I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Ambiental**

I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra y caracterización de lodos Residuales**

I.5. Autores de Instrumento: **Briceño Torrejón, Diana Paola y Torpoco Tamayo, Gianella Dayan**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 24 de junio del 2022


**LUIS FERMIN
 HOLGUIN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111211**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **ING. HOLGUIN ARANDA LUIS FERMINING**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de las características físicoquímicas y biológicas del biofertilizante**
 I.5. Autores de Instrumento: **Briceño Torrejón, Diana Paola y Torpoco Tamayo, Gianella Dayan**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										x			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										x			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										x			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										x			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										x			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										x			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										x			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 24 de junio del 20


**LUIS FERMIN
 HOLGUIN ARANDA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP. N° 111511**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Miguel Angel Mendoza Solis**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisor SSOMA - Consorcio Fortuna**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista de Seguridad y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Toma de muestra y caracterización de lodos Residuales**
 I.5. Autores de Instrumento: **Briceño Torrejón, Diana Paola y Torpoco Tamayo, Gianella Dayan**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 25 de junio del 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Miguel Angel Mendoza Solis**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisor SSOMA - Consorcio Fortuna**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista de Seguridad y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Evaluación de las características fisicoquímicas y biológicas del biofertilizante**
 I.5. Autores de Instrumento: **Briceño Torrejón, Diana Paola y Torpoco Tamayo, Gianella Dayan**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											x		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											x		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											x		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											x		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											x		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CARLOS ALBERTO CASTAÑEDA OLIVERA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Generación de biofertilizante mediante el aprovechamiento de los lodos activados de una PTAR en Independencia, Lima - 2022", cuyos autores son TORPOCO TAMAYO GIANELLA DAYAN, BRICEÑO TORREJON DIANA PAOLA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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 vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 01 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CARLOS ALBERTO CASTAÑEDA OLIVERA DNI: 42922258 ORCID: 0000-0002-8683-5054	Firmado electrónicamente por: CCASTANEDAOL el 19-12-2022 14:44:42

Código documento Trilce: TRI - 0465451