



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Aprovechamiento eficiente de los lodos residuales de la planta de tratamiento
de agua potable EMAPA San Martín – Lamas mediante la técnica
del lombricompostaje**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Carles Guillermo Márquez Reátegui

ASESOR:

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Código: 6055917

Moyobamba Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



Aprovechamiento eficiente de los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas mediante la técnica del lombricompostaje

AUTOR:

Carles Guillermo Márquez Reátegui

Sustentado y aprobado el 16 de diciembre del 2019, por los siguientes jurados:

.....
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardalez

Presidente

.....
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardalez

Secretario

.....
Econ. Wilhelm Cachay Ortiz

Miembro

.....
Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez

Asesor

Declaratoria de autenticidad

Carles Guillermo Márquez Reátegui, con DNI N° 46083833, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Aprovechamiento eficiente de los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas mediante la técnica del lombricompostaje.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 16 de diciembre del 2019.



.....
Bach. Carles Guillermo Márquez Reátegui

DNI N° 46083833

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	MARQUEZ REATEGUI CARLES GUILLERMO	
Código de alumno :	105124	Teléfono: 966530844
Correo electrónico :	caleco201@gmail.com	DNI: 46083833

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	ECOLOGIA
Escuela Profesional de:	INGENIERIA AMBIENTAL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	APROVECHAMIENTO EFICIENTE DE LOS Lodos RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA ZONA DE SAN MARTIN-LIMAS MEDIANTE UN TECNICO DEL COMERCIO COMPOSTAJE
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


.....
Firma del Autor



8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

17 / 11 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología
e Innovación de Acceso Abierto - UNSM.

.....
Ing. M.Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Con mucha gratitud y amor a mi familia en general, quienes fueron mi fuente de superación y pilar de apoyo durante mi vida estudiantil, cuya instrucción, sus consejos y enseñanzas apoyaron para el cumplimiento de mi objetivo de seguir y culminar la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, mil gracias a ustedes.

A Dios todopoderoso

A los que desarrollan la carrera de ingeniería ambiental.

A los que protegen nuestro medio ambiente y aman toda la vida.

Carles Guillermo Márquez Reátegui

Agradecimiento

A mi mamá, por su apoyo y comprensión en el proceso de mi formación profesional, otorgándome el apoyo necesario para cumplir mi objetivo: ser Ingeniero Ambiental.

A mi asesor Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez, por su guía y asesoramiento en la presente investigación.

Al Ingeniero Juan José Pinedo Canta, por su apoyo valioso en la investigación.

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, Facultad de Ecología, por su misión de formación y crecimiento en nuestros conocimientos, formándonos como profesionales al servicio de la sociedad.

El autor

Índice

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice	viii
Índice de tablas	x
Resumen	xii
Abstract.....	xiii
Introducción.....	1
CAPITULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.	4
1.2. Bases Teóricas:	6
1.2.1. Lodos generados en la potabilización del agua	6
1.2.2. Lombricompostaje	9
1.2.3. Lombricultura	9
1.2.4. Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	11
1.2.5. Humus.....	18
1.2.6. Compostaje	18
1.2.7. Compost.....	18
1.2.8. Estiércol de ganado bovino.....	19
1.2.9. La lombricultura y las plantas de tratamiento de agua	19
1.3. Definición de términos.....	20
CAPITULO II MATERIAL Y MÉTODOS	21
2.1. Materiales.....	21
2.2. Métodos.....	25
2.2.1. Tipo y nivel de investigación.....	25
2.2.2. Diseño de la investigación	25
2.2.3. Población y muestra.....	27
2.2.4. Sistema de Hipótesis.....	27
2.2.5. Sistema de variables	27
2.2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	27

2.2.7.	Técnicas de recolección de datos.....	28
2.2.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30
2.2.9.	Analizar económicamente el proceso de producción de humus a partir de la extracción de los lodos residuales del proceso de potabilización de agua, mediante la técnica del lombricompostaje.	31
CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN		33
3.1	Peso total de humus por cada tratamiento, en kilogramos.....	33
3.2	Producción de “Lombriz Roja” (<i>Eisenia foetida</i>):.....	37
3.3	Parámetros físicos y químicos de las muestras de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable.	40
3.4	Área de influencia ambiental y social	51
3.5	Discusión de resultados.....	58
CONCLUSIONES		60
RECOMENDACIONES.....		61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		62
ANEXOS		64
	Anexo A. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.....	65
	Anexo B. Panel fotográficos.....	66
	Anexo C. Mapas.....	72
	Anexo D. Resultados de análisis de laboratorio	73

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de los factores en estudio, sus respectivos niveles, combinación de tratamientos y bloques	26
Tabla 2 Receta y proporción alimentaria para cada tratamiento	30
Tabla 3 Peso de humus sin zarandear.....	33
Tabla 4 Análisis de varianza para el peso de humus sin zarandear.....	33
Tabla 5 Prueba de Duncan del Peso total de humus sin zarandear.....	34
Tabla 6 Peso del humus zarandeado.....	35
Tabla 7 Análisis de varianza para el peso de humus zarandeado.....	35
Tabla 8 Prueba de Duncan del Peso de humus zarandeado.....	36
Tabla 9 Producción de “Lombriz Roja” (<i>Eisenia foetida</i>) a los 30 días.....	37
Tabla 10 Análisis de varianza para la producción de lombrices Eisenia foetida a los 30 días.....	38
Tabla 11 Producción de lombrices <i>Eisenia foetida</i> a los 60 días.....	38
Tabla 12 Análisis de varianza para la producción de lombrices <i>Eisenia foetida</i> a los 60 días.....	38
Tabla 13 Producción de lombrices <i>Eisenia foetida</i> a los 120 días.....	39
Tabla 14 Análisis de varianza para la producción de lombrices <i>Eisenia foetida</i> a los 120 días.....	39
Tabla 15 Temperatura de los lodos residuales.....	40
Tabla 16 Análisis de varianza para la temperatura de los lodos residuales.....	40
Tabla 17 Humedad de los lodos residuales.....	41
Tabla 18. Análisis de varianza para la humedad de los lodos residuales	42
Tabla 19 pH de los lodos residuales	42
Tabla 20 Análisis de varianza para el pH de los lodos residuales	43
Tabla 21 Resumen de las evaluaciones realizados.....	44
Tabla 22 Presupuesto de producción de 200 kilos de humus.....	45
Tabla 23 Estimación del precio de venta de un saco de 50 kilos de humus obtenido de lodos de efluentes	45
Tabla 24: Inversión inicial para la producción de 10 toneladas	45
Tabla 25: Depreciación de materiales y equipos	47
Tabla 26: Costo de obtención de 10 toneladas de compost	47

Tabla 27: Detalle de gastos administrativos	48
Tabla 28: Costos fijos	48
Tabla 29: Ingreso y rendimiento por etapa completa de obtención de compost	49
Tabla 30: Amortización de la deuda	49
Tabla 31: Detalles de pago	50
Tabla 32: Flujo de caja proyectado.....	50
Tabla 33: Promedio de las riquezas nutricionales de las muestras	51
Tabla 34: Área de influencia social del proyecto.	53
Tabla 35: Distribución del campo experimental.....	65

Resumen

La presente investigación aprovechamiento eficiente de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua EMAPA – San Martín, mediante la técnica de lombricompostaje; surge como iniciativa para dar un adecuado uso de residuos del tipo lodos, generados por el proceso de potabilización de agua; con ese propósito nos preguntamos ¿en qué medida se puede aprovechar eficientemente los lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, mediante la técnica del lombricompostaje?, y definimos nuestros objetivos que consistieron en determinar la riqueza nutricional de lodos residuales generados en esta planta; producir humus óptimo mediante la técnica del lombricompostaje y analizar económicamente el proceso de producción. Los resultados del contenido nutricional registraron promedios de 0.62 % de Nitrógeno (N); 0,24 % de Fósforo (P); 0,27 % de Potasio (K); 0,42 % de Calcio (Ca); 0,2 % de Magnesio (Mg) y 29.403 de M.O. Al producir humus encontramos que la mezcla de lodos más estiércol más forraje presentó 14.3 kilos /tratamiento (T4), siendo superior a los demás, seguido de la mezcla de lodos más estiércol de vacuno (T2). Y la mejor producción de lombriz fue con el tratamiento dos (T2) alcanzando 730 unidades en 120 días, seguido del tratamiento cuatro (T4) con 696 unidades en el mismo tiempo. En cuanto al análisis económico se determinó el precio de venta por saco de 50 kilos, en 3.82 soles considerando un margen de utilidad del 50%, y al precio unitario de S/ 4.00 soles por cada saco.

Palabras clave: aprovechamiento, compost, humus, lodos, lodos residuales, lombricompostaje, eficiente.

Abstract

The present investigation efficient use of waste sludge from the water treatment plant EMAPA - San Martin, by means of the vermicomposting technique; arises as an initiative to give an adequate use of waste of the type sludge, generated by the process of water potabilization; with that purpose we asked ourselves to what extent it is possible to take advantage efficiently of the waste sludge generated in the drinking water treatment plant EMAPA San Martin - Lamas, by means of the vermicomposting technique, and we defined our objectives which were to determine the nutritional richness of the waste sludge generated in this plant; to produce optimal humus by means of the vermicomposting technique and to analyse the production process economically. The results of the nutritional content registered averages of 0.62 % of Nitrogen (N); 0.24 % of Phosphorus (P); 0.27 % of Potassium (K); 0.42 % of Calcium (Ca); 0.2 % of Magnesium (Mg) and 29.403 of M.O. When producing humus we found that the mixture of sludge plus manure plus fodder presented 14.3 kg/treatment (T4), being superior to the others, followed by the mixture of sludge plus cattle manure (T2). And the best worm production was with treatment two (T2) reaching 730 units in 120 days, followed by treatment four (T4) with 696 units in the same time. As for the economic analysis, the selling price per 50 kg bag was determined at 3.82 soles, considering a profit margin of 50%, and a unit price of S/. 4.00 soles per bag.

Key words: utilisation, compost, humus, sludge, sewage sludge, vermicomposting, efficient.



Introducción

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo demostrar el aprovechamiento eficiente de los lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, mediante la técnica del lombricompostaje. Técnica utilizada para el tratamiento de residuos sólidos con acción de las lombrices de tipo *Eisenia Foetida*.

En la actualidad la empresa (EMAPA San Martín) prestataria del servicio de agua en el distrito de Lamas, no cuentan con un sistema que haga posible la utilización y remediación de los lodos residuales, que son sedimentados en el proceso de potabilización. Este trabajo muestra como el uso racional de los lodos residuales que se expulsan sin ningún control al medio ambiente, pueden ser aprovechados incorporándolos como materia para la construcción de camas composteras, proceso que tiene como actor principal a las lombrices californianas rojas de tipo *Eisenia Foetida*, quien mediante proceso de deglución, ingesta grandes cantidades de materia orgánica y las transforma en humus, con alto contenido de fósforo, calcio, nitrógeno, potasio y magnesio, las mismas que son de fácil asimilación por las plantas.

La importancia de estudiar este tema en particular, radica en demostrar que la implementación de procedimientos de investigación científica, generan en perspectiva oportunidades para reducir el impacto ambiental de la sedimentación de los lodos residuales, y de su aprovechamiento a través de técnicas que las convierten en abono orgánico, para una producción agrícola alternativa libre de contaminantes químicos.

En nuestra región, no existe trabajo de investigación alguna que guarde relación con la temática planteada, sin embargo, los estudios realizados en otros países han permitido diseñar una estrategia de investigación que permite demostrar la viabilidad de la hipótesis planteada para este fin.

Los procesos de potabilización de agua potable son diversos pasando desde la extracción hasta su disposición final en los hogares de cada familia, en la mayoría de casos para la empresas potabilizadoras de agua uno de los principales problemas es la aglomeración de lodos residuales, que se separan del agua cruda por acción de coagulantes químicos, en gran medida el aprovechamiento de estos lodos residuales son nulos, ante estos problemas que no tienen un fin de solución y la búsqueda de generar soluciones ambientales para

disminuir la contaminación generada por estos, en la ciudad de Lamas, la falta de reutilización de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Agua Potable EMAPA San Martín – Lamas, viene conllevando a la acumulación en los suelos, como consecuencia generando impactos ambientales en zonas que pueden ser aprovechadas de muchos modos, siendo uno de los problemas más comunes de los lodos residuales al aglomerar grandes cantidades la deshidratación de los suelos, al no contar con aguas naturales cercas de la ciudad de Lamas el problema solo se basa en los suelos, ya que en las aguas naturales al segregarse estos los lodos residuales aumentan la turbiedad y el color del agua; por eso nos planteamos la siguiente pregunta que formula el problema principal ¿En qué medida se puede aprovechar eficientemente los lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, mediante la técnica del lombricompostaje?

Así mismo nuestro objetivo principal es proporcionar una alternativa para aprovechar eficientemente los lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, mediante la técnica del lombricompostaje; para esto nos planteamos tres objetivos específicos; el primero consiste en determinar las riquezas nutricionales de lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, mediante la técnica del lombricompostaje; el segundo consiste en producir humus óptimo, a partir del aprovechamiento eficaz que tendrán los lodos residuales a partir de la cosecha del compost y el tercero proporcionar un análisis económico del proceso de producción de humus.

Esta investigación se justifica debido a que en la actualidad las empresas de tratamiento de agua no cuentan con un sistema que haga posible la utilización y remediación de los lodos residuales, que son sedimentados en el proceso de potabilización. El problema se asocia cuando desperdiciamos su potencial de aprovechamiento y lo desperdiciamos como residuo, lo cual aumenta la cantidad de sólidos que son depositados al ambiente. Por la razón, es necesaria la búsqueda de alternativas para su uso o reutilización, entendido que la disposición final que tienen los sólidos (lodos sedimentados) se realiza básicamente a los ecosistemas, la cual genera altos impactos ambientales, que como estudiante debemos conocerlos y promover alternativas de solución para mejorar y pensar en generaciones futuras.

Desde este punto de vista el presente estudio se enfoca en el desarrollo de un método para el aprovechamiento eficaz de los lodos residuales mediante la técnica del

lombricompostaje, generados en el proceso de potabilización de agua en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, en la incorporación como materia para construcción de camas composteras. Desde una perspectiva científica mediante el desarrollo de la investigación siguiendo los procesos lógicos del método científico, generando aportes significativos en la conservación del medio ambiente debido al aprovechamiento significativo de los lodos residuales que son depositados al ambiente. Finalmente presentamos este informe en tres capítulos que se detallan de la siguiente manera:

En el **capítulo I**, se abordan cuestiones teóricas que sustentan el planteamiento. Se hace un breve repaso de las investigaciones realizadas sobre el tema y los aportes de sus autores. Además, todo un recuento de los principales elementos teóricos que fundamentan los procedimientos de procesamiento de los lodos residuales, así como el de la lombricultura como técnica, de las especies utilizadas y los procedimientos para la producción del humus.

En el **capítulo II**, se abordan los materiales y métodos utilizados para la demostración de la pertinencia de la hipótesis: La utilización de los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas será aprovechable de manera eficiente mediante la técnica del lombricompostaje.

En el **capítulo III**, se presentan los resultados y discusiones, las mismas que se expresan en tablas diversas donde se explican en detalle cada uno de los hechos observados y resultados en la investigación. Adicionalmente se plantean algunas recomendaciones para ser tomadas en cuenta en próximos procesos de investigación de esta naturaleza.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación.

Actualmente el abastecimiento del agua en el Mundo, es uno de los mayores problemas que actualmente se están generando globalmente, ya sea por la falta de agua que es un recurso fundamental para la sociedad. En proceso de tratamiento del agua para consumo humano implica que ante ello la producción de lodos residuales como subproducto, obteniendo cantidades significativas que se generan en la remoción de los sólidos suspendidos presentes en el agua cruda. En esta etapa cobra relevancia los lodos residuales, residuos que son desperdiciados a los desagües generando aglomeración de sólidos que son depositados al ambiente especialmente a los desagües, que general no tienen un tratamiento adecuado. El manejo de lodos generados en los procesos de tratamiento de agua para potabilización (PTA) con coagulación química inciden de manera importante en los costos de producción de agua tratada, los cuales tienen relación directa con el tipo y cantidad de coagulante usado; éstos varían entre 0.3 a 1% del volumen de agua tratada (**Sandoval *et al.*, 2008**).

La descarga de residuos de Empresas de Tratamiento de Agua Potable en las corrientes naturales de agua llega a plantear problemas importantes, ya que, si bien estos residuos son principalmente inorgánicos, van formando depósitos o «bancos de fangos» en los tramos lentos del cauce, a la vez que aumentan la turbiedad y el color de las aguas receptoras, más aún si se está empleando carbón, disminuyendo la actividad fotosintética de las plantas acuáticas, y en definitiva, se plantean problemas medioambientales que hay que considerar, y extraer por tanto los residuos sólidos antes de verterlos a los cauces. Además, no hay que olvidar que las normas medioambientales son cada vez más estrictas en cuanto a las características de estos vertidos. Teniendo altos contenido de humedad y resistencia a la deshidratación mecánica, que se dificultan en la medida que se usan mayores dosis de coagulante (**Sandoval *et al.*, 2008**).

El aprovechamiento de los lodos residuales como aditivo mejorado es sin duda una de las propuestas saludables más factibles que se podrían utilizar, ante ello surge la

necesidad de buscar alternativas simples y económicas, como el cultivo de lombrices, para la producción de humus generados por las diversas actividades humanas. La acción de las lombrices sobre la materia orgánica es de tipo físico-mecánico y bioquímico, es decir, el proceso físico incluye la aireación, mezclado y trituración de la materia orgánica, mientras que el proceso bioquímico es realizado por la descomposición microbiana del substrato en el intestino de las lombrices (**Ndegwa et al., 2000**).

Según **Sabine (1983)**, resumió el potencial del cultivo intensivo de lombrices para el manejo de residuos sólidos orgánicos de la siguiente manera:

- Reducen las características nocivas de los residuos sólidos orgánicos, eliminando los malos olores y reduciendo los microorganismos dañinos al hombre.
- Las especies domesticadas alcanzan en poco tiempo altas densidades y tienen un fácil manejo en camas.
- Se obtienen útiles y negociables subproductos como fertilizantes orgánicos y lombricomposta.
- Producción de harina de lombriz con altos contenidos de proteína para alimentación animal y humana.

El Centro para el Desarrollo Rural y Biotecnología Apropiable del Instituto de Biotecnología de la India, utilizó esta biotecnología para el reciclamiento de residuos orgánicos, además vio la necesidad de intensificarla para aprovechar las bondades que ofrece, entre ellas la producción de fertilizante orgánico y sobre todo para que los residuos sólidos orgánicos dejaran tener un problema de sanidad.

Torres, P.; Hernández, D.; Paredes D. (2012), en su tesis “Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos”, concluye que la composición mineralógica, análisis granulométrico y límite de Atterberg de los lodos sedimentados en la potabilización del agua con sulfato de aluminio, mostraron que, entre sus materiales constructivos del ladrillo, con la más similitud tiene es con la arena, proyectado como posible reemplazo. Entre las diferentes estaciones del año, varía la dosificación del sulfato de aluminio, pudiendo afectar en la potencialidad del ladrillo cerámico, incidiendo en su resistencia.

Recomendando continuar explorando alternativas para definir condiciones óptimas en la incorporación de lodos aluminosos.

Según, **Mora, & Fátima E., (2011)**, en su tesis “Utilización de los lodos generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento “Casigana”, como aditivo para suelos de cultivo” concluye que lodos residuales poseen cantidades bajas de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y altas en micronutrientes (Zn, B, Cu, Fe y Mn), por lo que existe una limitación en cuanto al crecimiento de las plantas, por la falta de los primeros, se vio reflejada en aspectos de composición de las plantas tratadas, en muchos de los casos sobrepasando los límites permisibles de acuerdo con La Agencia de protección del medio ambiente de Estados Unidos de Norteamérica (EPA).

Núñez & Peña, (2011), en su tesis llamado “Recuperación de sulfato de aluminio a partir de lodos generados en la planta de potabilización de la empresa aguas de Cartagena S. A E.S.P y estudio de la viabilidad económica de su reutilización como coagulante” definió que Finalmente se evaluó la factibilidad económica de la reutilización de la solución de coagulante recuperado en el proceso de potabilización, teniendo en cuenta: costo de equipos usados en el proceso diseñado, ahorro en materias primas debido al porcentaje de recuperación de aluminio y transporte y disposición final de lodos gracias al porcentaje de reducción de volumen de los mismos que fue de 32% en las condiciones óptimas propuestas. El análisis muestra una inversión inicial de \$135.000.000 que se recuperaría el primer año a una tasa interna de retorno, TIR, de 20% a 10 años, con una ganancia de valor presente neto (VPN) de \$8.349.818.861 lo que demuestra que es factible económicamente reutilizar el sulfato de aluminio.

1.2. Bases Teóricas:

1.2.1. Lodos generados en la potabilización del agua

El proceso de potabilización del agua emplea diferentes dosis de sulfato de aluminio como coagulante. La dosificación del sulfato de aluminio depende del contenido de sólidos que el agua presenta al ingresar a la planta potabilizadora y cuya aplicación genera una importante cantidad de residuos semisólidos,

generados en el proceso coagulación - floculación, sedimentación y retrolavado de los filtros, genéricamente conocidos como lodos residuales ricos en aluminio (**Panizza; et. al., 2008**).

1.2.1.1. Características

Las características químicas de los lodos de las plantas de tratamiento de agua, varían de una planta a otra, dependiendo de la calidad de agua cruda, del tratamiento recibido y de la época del año. Sin embargo, poseen características físicas similares: fluido no Newtoniano, voluminoso, de aspecto gelatinoso, compuesto principalmente por agua (más del 90%), hidróxido de aluminio, partículas inorgánicas (arcilla o arena), coloides, residuos de reactivos químicos añadidos durante el proceso de tratamiento, plancton y otra materia orgánica, siendo esencial el conocimiento de estas características para determinar su tratamiento y su disposición final (**Sandoval; et. al., 2009**).

El proceso por el cual se producen los lodos durante la potabilización del agua cruda es el siguiente: El primer paso es la mezcla rápida que consiste en la adición y mezcla de agentes floculante (sulfato de aluminio y catalizadores), después de la fase mezcla rápida, en la etapa denominada floculación, se consigue que las partículas en suspensión, que le dan turbiedad y color al agua, se agrupen formando unos cúmulos denominados "floc". Posteriormente se realiza el proceso de sedimentación, en el cual los flóculos son obligados a precipitarse en el fondo de unas piscinas de sedimentación. Este fenómeno se produce por la estructura de los sedimentadores y por el gran peso de los flóculos. En este proceso en el agua se elimina un gran porcentaje de sus impurezas biológicas y orgánicas. El agua clarificada llega a unos filtros compuestos por tres capas conformadas por grava, arena y antracita o carbón, como material filtrante. En esta etapa se le remueven todas las partículas que no fueron sedimentadas. Por último, al agua se le añade como desinfectante cloro en forma gaseosa, que elimina el resto de microorganismos que pudieran quedar en el agua procesada. El cloro permanece en el agua en forma de cloro residual. Este sirve para oxidar

materia orgánica que pudiera aparecer en las tuberías de distribución o en los tanques de almacenamiento y previene la aparición y desarrollo de microorganismos. (Núñez & Peña, 2011)

1.2.1.2. Coagulación

La coagulación química es una operación que se utiliza para causar la agregación de material presente en el agua, como partículas suspendidas no sedimentables (tamaño menor a 0.01 mm) y partículas coloidales, este proceso se logra con la adición de sustancias químicas al agua, realizando una distribución uniforme en ella, para procurar la formación de un floc que sea fácilmente sedimentable. Por lo general, los coagulantes son compuestos de hierro o aluminio que sean capaces de formar un floc y que puedan efectuar coagulación al añadirse al agua, la elección de compuestos de estos elementos se basa en la ley de SchulzeHardy: “la precipitación de un coloide es efectuada por aquel ion del electrolito añadido que tenga una carga opuesta en signo a la de las partículas coloidales, y el efecto de dicho ion se incrementa tanto más cuanto mayor sea el número de cargas que posea”. De dichos compuestos los más usados son el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso, el cloruro férrico, el sulfato férrico, el aluminato de sodio y la cal. En el mercado del tratamiento de aguas existen muchos coagulantes, pero el más usado es sin duda el sulfato de aluminio o alumbre; su fórmula es $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$, y su masa molecular es 600. Cuando la solución de sulfato de aluminio se añade al agua, este se disocia en Al^{+++} y $SO_4 =$. El Al^{+++} puede combinarse con coloides de carga negativa para neutralizar parte de la carga de la partícula coloidal, reduciendo así el potencial zeta (relacionado con la carga de la partícula y la distancia a través de la cual la carga es efectiva) a un valor en que la unión de las partículas puede ocurrir (**Barrenechea A. 2004**).

Es importante que el sulfato de aluminio se distribuya uniformemente en toda la masa de agua rápidamente, para lograr un mayor contacto con todas las partículas. En el proceso de floculación; se aglomeran las

partículas y crece los flocs hasta que se puedan sedimentar, donde el floc se asienta y deja un líquido clarificado. En la práctica, no es muy importante conocer por qué el coloide tiene carga, pero sí lo es saber que posee carga y que esta contribuye a la estabilización de la suspensión coloidal, y eso lo explica la teoría de la doble capa eléctrica (**Barrenechea A. 2004**).

1.2.2. Lombricompostaje

Es una técnica utilizada para tratar residuos sólidos orgánicos con acción de las lombrices, ya sea para apoyar el proceso de compostaje o para realizarla como una técnica específica de transformación biológica. Se puede utilizar lombrices de tipo *Lumbricus Rubellus*, *Eisenia Foetida*, *Eisenia Andrei*, entre otras. Este tipo de transformación consiste en que la lombriz ingiere grandes cantidades de materia orgánica descompuesta, y de esta, aproximadamente el 60 % se excreta en humus de lombriz, lombricompostado o vermicompostado; considerado como un sustrato inodoro, rico en nitratos, fosfatos y demás nutrientes fácilmente asimilables por las plantas. Puede desarrollarse sobre montones de materia orgánica ó en lechos que permitan controlar con facilidad los factores condicionantes, el ingreso de alimento y la extracción del humus (se realiza utilizando nuevo alimento, las lombrices se van en dirección de la basura cruda, abandonando el producto listo) (**Röben, E. (2002)**).

1.2.3. Lombricultura

Es una actividad zootécnica centrada en la crianza de lombrices, las que posteriormente se utilizan con diversos fines. La crianza de lombriz se utiliza como herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos, como lo es la pulpa de café, se basa en la utilización de lombrices de tierra adaptadas a vivir en condiciones de cautiverio, con capacidad para procesar una gama de materiales orgánicos, tales como estiércol, rastrojos de cultivos, residuos de agroindustria, y otros. Transformándolos en dos productos básicos: humus de lombriz, que es rico en nitratos, fosfato, carbonatos de potasio y proteína de origen animal (**León et al, 1992**).

Para muchas regiones de América, donde se produce gran cantidad de desechos orgánicos, entre ellos la pulpa de café, la factibilidad de hacer un programa de lombricultura es algo más que realidad. La pulpa de café representa alrededor del 43% del peso fresco, equivalente al 28% en base seca mientras que el pergamino representa el 12% del grano seco (**Worms A. 1999**).

La lombricultura es una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombriz, ya que esta recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. Constituye un medio de descontaminación ambiental, al utilizar una serie de materiales biodegradables, a los que da un valor agregado para la utilización final (**Quiceno, 1995**).

La carne de lombriz se transforma, mediante distintos sistemas de secado, en una harina de altísimo valor proteico. Esta harina se utiliza, en alimentación humana, como complemento proteico en la elaboración de hamburguesas, picadillos y embutidos. En alimentación animal, se emplea para preparar alimentos balanceados para aves, cerdos, peces, etc. También se emplea la lombriz viva, como alimento para peces y ranas. (**Worms A. 1999**).

Actualmente la humanidad se encuentra en la necesidad de conservar el medio ambiente. La lombricultura es una biotecnología orientada a la utilización de la lombriz como una herramienta de trabajo para el reciclaje de todo tipo de materia orgánica, y no solo como una actividad que depende de la posibilidad de poder contar con feca animal. Esta biotecnología permite obtener (principalmente como productos finales del proceso) el humus (**Bollo, 2001**).

1.2.3.1. Historia de la lombricultura

El estudio de la lombricultura remonta a los años 70, en la cual se inició con la apertura de investigaciones aplicadas a las lombrices en la agricultura en la Universidad Agrícola de California, en la cual el Gobierno de los EE.UU, estableció ayuda a todas aquellas familias en la cual se decidieran a apertura un negocio, en la cual para años siguientes ya se podría observar grandes cantidades de explotaciones

comerciales de lombrices en todo el territorio de los EE.UU. **(Cristales, O. 1997).**

En la época de posguerra, los ganaderos europeos sufrieron una grave crisis económica. Al conocer las cualidades de la lombriz, la introdujeron en sus tierras, y lograron en un breve plazo apreciar las bondades de la misma y del valor agregado que se le daba al fecal animal. Este superaba al de la leche y la carne, por cuanto el producto final del reciclaje de la feca es muy valioso en la recuperación y mejoramiento de suelos altamente degradados por el uso intensivo al que se vieron sometidos. **(Quiceno, 1995).**

Siendo los principales países productores de lombricompost en América Latina son Chile, Brasil, Colombia, Argentina y Ecuador. Estos países cuentan con grandes explotaciones industriales de lombriz roja californiana. Filipinas es uno de los mayores productores de harina de lombriz para consumo humano, ya que la ausencia de olor y sabor la hace competitiva con la harina de pescado, tanto en calidad como en precio **(Cristales, O. 1997).**

1.2.4. Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Según **Werner, M. (1990)**, se la conoce como lombriz roja californiana porque es en el estado de California de los EE.UU. donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos.

1.2.4.1. Generalidades sobre la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*)

Martínez (1996), menciona que dentro de las especies del grupo anelida está *Eisenia foetida*, la cual es utilizada mayormente para el procesamiento de desechos orgánicos a nivel de finca e industria. *Eisenia foetida*, conocida como lombriz roja californiana, se clasifica de la siguiente manera:

Reino : Animal

Sub reino: Metazoos

Phylum : Protostomia

Grupo : Annelida

Orden : Oligochaeta

Familia : Lumbricidae

Género : *Eisenia*

Especie : *Foetida*

La lombriz de tierra es un organismo habitante natural, que vive en el suelo y contribuye al proceso de descomposición de la materia orgánica. Es una actividad sencilla que todo agricultor debe emprender con algunas ventajas de acelerar el proceso de descomposición de sus residuos orgánicos, cáscara de cacao, etc. y obtener un bioabono y lombrices para la utilización en la misma finca.

1.2.4.2. Factores que afectan a las lombrices

La sobrevivencia, crecimiento y reproducción exitosa de las lombrices depende de: la humedad, temperatura, clase y fuente del sustrato, pH y compuestos químicos. La humedad y la temperatura del suelo afectan la población y el nivel de actividad de las lombrices, debido al estrés producido por la pérdida de agua corporal que puede llegar al 60% del peso/día. La temperatura no debe exceder de los 25 0C. Cuando el estiércol está en fase de fermentación puede alcanzar de 70 0C a más. Estas temperaturas tan elevadas, así como el grado de acidez y los gases que se desprenden durante la fermentación provocan la muerte de las lombrices (**León et al, 1992**).

Los desechos orgánicos que consume *Eisenia foetida* deben cumplir con los requisitos siguientes:

Se deben controlar las fermentaciones, pues la liberación de amoníaco altera el proceso digestivo de la lombriz y se dificulta la oxigenación del lecho. (**Worms A. 1999**).

La lombriz es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como Gozzo ácido o Síndrome proteico: se debe a que cuando a la lombriz se le suministra sustratos con altos contenidos en proteína, no

son asimilados y se presentan inflamaciones en todo el cuerpo, y mueren en pocas horas. **(Worms A. 1999).**

Plagas que amenazan a la coqueta roja

- **Pájaros:** Las aves pueden acabar poco a poco con un lombricero situado al aire libre, pero esta plaga se puede controlar poniendo una red sobre la cama de las lombrices. **(Martínez, 1996)**
- **Hormigas:** Las hormigas rojas son depredadores naturales de las lombrices, son atraídas principalmente por la secreción azucarada que la lombriz produce, se pueden controlar sin usar productos químicos, con tan sólo mantener la humedad de la cama en 80%. **(Martínez, 1996)**
- **Planaria:** Es la plaga de mayor importancia dentro de los criaderos de lombrices. Es un gusano plano que puede medir de 5 a 50 mm, de color café oscuro, con rayas longitudinales de color café. La planaria se adhiere a la lombriz por medio de una sustancia cerosa que el platelminto produce, posteriormente introduce en la lombriz un pequeño tubo de color blanco succionando todo el interior de la lombriz hasta matarla. Esta plaga se controla con un buen manejo del sustrato regulando el pH de 7.5 a 8. En pH bajos las planarias se desarrollan y comienzan su actividad de depredador natural de las lombrices. **(Martínez, 1996)**
- **Ratones:** El ratón es otra plaga muy peligrosa para el cultivo de lombrices, pero se pueden controlar al igual que las hormigas manteniendo la humedad en un 80%. **(Martínez, 1996)**
- **Topos:** Son una amenaza en cultivos al aire libre por ello debe instalarse una lona resistente en la base de la cuna. **(Martínez, 1996).**

1.2.4.3. Características morfológicas y fisiológicas de la lombriz

El cuerpo de la lombriz es cilíndrico y alargado, constituido por dos tubos concéntricos: la pared del cuerpo y el tubo digestivo, separados por el celoma está dividido en segmentos llamados metámeros o somitos. El primer somito de la parte anterior es la boca, donde se

encuentra el prostomio, estructura carnosa que sobresale delante de ella. El último somito que se encuentra en la parte posterior es el ano (Martínez, 1996).

1.2.4.4. Características Morfológicas Externas.

Entre las características morfológicas externas e internas más importantes de (*Eisenia foetida*) podemos mencionar las siguientes:

Color: Posee un color rojizo intenso, razón por la cual se le conoce con el nombre de Roja Californiana, muchas veces el color lo determina la sangre o el contenido del intestino y no necesariamente el pigmento de su piel.

Forma: el cuerpo es un tubo bilateral-mente simétrico; tiene forma cilíndrica.

Segmentos: llamados también metámero, son anillos distribuidos en todo el cuerpo, generalmente comprende de 80 a 175 anillos; entre cada uno de ellos existen surcos Inter segmentarios. Tanto los órganos internos como la pared del cuerpo se encuentran segmentados, separados entre sí por tabiques transversales llamados septos.

Prostomio: pequeña protuberancia dorsal que comienza en el primer segmento, del cual está separado por un surco.

Peristomio: se llama así al primer segmento, donde se encuentra la boca; no tiene quetas o cerdas.

Quetas o cerdas: cada segmento, con excepción del primero, posee cuatro pares de quetas o cerdas, provistas de pequeños músculos, cuya función es la locomoción. También están ausentes en la última porción del cuerpo, llamado pigidio, el cual no forma segmento.

Poros dorsales: son pequeñas aberturas ubicadas en los surcos Intersegmentarios a lo largo de la línea media dorsal.

Nefridioporos: aberturas pares excretoras que se repiten en cada segmento del cuerpo.

Poros espermatecales: raramente ausentes, ubicados entre los surcos Intersegmentarios

Poros femeninos: oviductos cortos, que se abren en la cara ventral del segmento número 14.

Poros masculinos: ubicados en la cara ventral del segmento número 15, generalmente hay un par.

Surcos seminales: ubicados en los segmentos 9 y 10, formados durante la copula, son transitorios y almacenan los espermatozoides recibidos durante la copulación.

Clitelo: es la región engrosada de la epidermis en los segmentos 32 al 37. Se encarga de secretar la sustancia que forma los capullos, cocones o cápsulas donde se alojan los huevos. Puede tener forma anular (envuelve los segmentos) o de montura (no envuelve los segmentos).

1.2.4.5. Características morfológicas internas.

Tabiques: llamados también septos; son paredes que separan los segmentos sucesivos y están formados por el peritoneo.

Faringe: es el primer compartimiento después de la boca.

Molleja: parte gruesa musculosa del tubo digestivo. Puede ser molleja esofágica o puede estar situada al comienzo del intestino llamada molleja intestinal.

Glándulas de morren: su función es metabolizar el calcio. Están ubicadas en el esófago.

Intestino: se reconoce fácilmente por la presencia de válvulas.

Ciegos intestinales: apéndices huecos, terminados en forma de saco que aparecen al fondo del intestino.

Nefridios: órgano central del sistema excretor. Funciona como pequeño riñón. Se llaman holonefridios cuando tienen un par de nefridios por segmento y meronefridios cuando tienen más de un par de nefridios por segmento.

Vasos dorsal y ventral: ubicado sobre el tubo digestivo. El vaso dorsal y el ventral debajo de éste, son los más importantes en el sistema circulatorio.

Vaso suprainestinal y supra esofágico: son vasos impares no siempre presentes. Se encuentran entre el esófago, intestino y el vaso dorsal.

Vasos extraesofágico o lateroesofágico: situados a los lados del esófago y entre éste y los corazones.

Corazones: situados en la región esofágica del cuerpo ligando los vasos y están en pares y en un total de cinco y manda la sangre al vaso ventral.

Testículos: ubicados en los segmentos 10 y 11 y en uno o en pares cada uno; situados en cavidad celómicas aisladas los reservorios de esperma.

Canales deferentes: permiten la salida de los espermatozoides y son uno para cada testículo.

Vesículas seminales: Son tres pares de bolsas laterales que abarcan los segmentos 9, 10 y 11.

Ovarios: generalmente sólo son un par, ubicados en el segmento 13 y descargan los huevos en la cavidad celómica.

Ovisacos: seguidos al segmento que contiene el ovario.

Espermatecas: sacos que reciben los espermatozoides de la otra lombriz durante la cópula, es extraño cuando no están presentes **(PINEDA, J. 2006)**

Eisenia foetida es hermafrodita imperfecta, por lo que necesita acoplarse con otra lombriz para el intercambio de semen. La lombriz roja californiana llega a su madurez sexual (adulta) a los tres meses y su longitud y coloración varían; vive un promedio de 16 años, se acopla cada siete días, estas lombrices son muy prolíficas. Se aparean semanalmente, poniendo un huevo por lombriz cada diez días, refiriéndonos siempre a lombrices adultas. Los huevos eclosionan a las 2 ó 3 semanas de puestos y dan a luz entre 2 y 20 lombrices cada uno. Estas recién nacidas alcanzan la madurez luego de 6 a 10 semanas. Son inmunes a las enfermedades y tienen una increíble capacidad de regeneración. La longevidad de esta especie se estima en alrededor de 15 ó 16 años. Cuando la cría se realiza con todos los cuidados se obtienen mejores resultados. **(Ferruzzi C. 1994).**

El sistema digestivo de la lombriz consiste en una cavidad bucal, faringe, esófago donde están las glándulas calcáreas cuya función es secretar carbonato de calcio para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento, el buche entre los segmentos 15 a 16 donde se almacena el alimento, una molleja entre los anillos 17 y 19 y el intestino que va desde el anillo 20 hasta el orificio anal. Durante el proceso de digestión hay un incremento de hasta 1000 veces el número de microorganismos en el material resultante. Se ha demostrado que las excretas de las lombrices tienen una diversidad de especies fungosas mayor que la del suelo donde se encuentran las lombrices y el incremento se da después de pasar el alimento por el intestino. **(Ferruzzi C. 1994).**

La acción de la lombriz en su proceso digestivo produce un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolo a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notables respuesta de las cualidades organolépticas de frutos y flores, como así también resistencia a los agentes patógenos. **(Ferruzzi C. 1994).**

Para los desechos orgánicos que consume la *Eisenia foetida*, deben considerarse los siguientes puntos:

- La lombriz es el único animal en el mundo que no transmite ni padece enfermedades, pero existe un síndrome que lo afecta y es conocido como Gozzo ácido o Síndrome proteico, esto se debe a que cuando a la lombriz se le suministra sustratos con altos contenidos en proteínas, no son asimilados y presentan inflamaciones en todo el cuerpo y mueren en pocas horas.
- Se deben controlar las fermentaciones, pues la liberación de amoníaco altera el proceso digestivo de la lombriz y se dificulta la oxigenación del lecho.

Las principales plagas que amenazan a los lombricultores (lechos de desechos que constituye la casa y alimento de la lombriz), especialmente los que utilizan a la especie doméstica *Eisenia foetida*,

son pájaros, planarias (plaga de mayor importancia), hormigas y ratones. **(Ferruzzi C. 1994).**

1.2.5. Humus

El humus de lombriz favorece la formación de micorrizas, acelerando el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color de las plantas y frutos. Así también la acción de la lombriz, en su contacto físico con el sustrato transmite con su mucosa protección ante plagas y patógenos, como también la protección a heladas. La acción microbiana emergente del humus de lombriz hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, nitrógeno, potasio y magnesio. Entre otras características fisiológicas de la lombriz californiana está que sus glándulas calcíferas segregan iones de calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido básico, tendiendo a neutralizar los valores del pH. **(Ferruzzi C. 1994).**

1.2.6. Compostaje

Es el proceso de fermentación aeróbica de una mezcla de materiales orgánicos en condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y nutrientes, y con la intervención de bacterias, hongos y numerosos insectos detritívoros **(Labrador, J. 1996).**

Los requerimientos principales para el desarrollo del proceso de compostaje son: temperatura, humedad, oxígeno, relación carbono/nitrógeno, entre otros, enuncia cuatro fases descritas durante el proceso del compostaje: mesófila, termófila, enfriamiento y de maduración. **(Labrador, J. 1996).**

1.2.7. Compost

El vocablo compost proviene del latín componere que significa juntar, de aquí que el compost puede ser considerado como la agrupación de un conjunto de restos orgánicos que a través de un proceso de fermentación origina un producto inodoro y con alto contenido de humus; sin embargo, técnicamente se define al compost como el producto resultante de la transformación biológica, mediante microorganismos, del material orgánico procedente de distintas fuentes tales como estiércol, residuos de cultivos, hojarasca de

bosques y material leñoso, componentes orgánicos contenidos en los residuos sólidos urbanos y lodos provenientes de plantas depuradoras de aguas residuales. El compost no es propiamente un abono, sino más bien un regenerador orgánico de los suelos, pero por analogía con los abonos químicos es reconocido usualmente como abono orgánico; es sabido que la materia orgánica es necesaria para el desarrollo y mantenimiento de la vida bacteriana, puesto que sin ésta las plantas no pueden asimilar los elementos minerales, ni retener la humedad, ni lograr un crecimiento óptimo.

1.2.8. Estiércol de ganado bovino

Es el más importante de los estiércoles y el que se produce en mayor cantidad en las explotaciones rurales, de todos los estiércoles es el que obra más largo tiempo y con uniformidad. El estiércol de ganado bovino es rico en microorganismos; principalmente bacterias y hongos; estos son los responsables de la optimización y aprovechamiento de los componentes de la materia orgánica a compostar, actuando como microorganismos eficientes (ME), las bacterias son organismos facultativos (pueden vivir con presencia de oxígeno y sin él), entre los principales grupos de géneros bacterianos presentes en el estiércol se tienen a los: celulíticos, utilizadores de azúcar, amilolíticos, productores de amoníaco y hemicelulolíticos.

1.2.9. La lombricultura y las plantas de tratamiento de agua

Las plantas de tratamiento de aguas generan una gran cantidad de residuos orgánicos conocidos como lodos o biosólidos. Por esta razón desde los últimos 50 años se han propuesto alternativas para el manejo de estos con el fin de disminuir los costos de tratamiento y disposición final. Las alternativas planteadas para el manejo están dirigidas a convertirlos en un material útil. Hoy por hoy son menos las áreas que se pueden adaptar como sitios de disposición final o quema. No obstante, debido a que tiene un alto contenido de materia orgánica posee macro y micronutrientes, han pasado por un proceso de estabilización (mediante la digestión anaerobia que reduce su nivel de patogenicidad, capacidad de atracción de vectores y poder de fermentación) y pueden ser usados como abono en la industria ornamental, forestal, en campos deportivos, así como en la recuperación de suelos, ya que mejoran sus características físicas, químicas y biológicas.

Es importante aclarar que los usos en suelo agrícolas se restringen por las concentraciones de microorganismos patógenos, en los productos obtenidos, que pueden afectar la salud humana. A pesar de esta alternativa, no deben emplearse directamente por lo que pueden generar efectos adversos sobre sus características.

Actualmente, con el fin de realizar un manejo adecuado se someten a diferentes tratamientos que los preparen antes de ser usados dentro de los que se encuentra el compostaje y especialmente usando la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* o lombricultura, el cual permite la transformación y translocación de materia orgánica (MO) para obtener abonos orgánicos libres de contaminantes.

1.3. Definición de términos

- **Lombricarios.** Lechos de desechos que constituye la casa y alimento de la lombriz (ADEX, 2002)
- **Humus de lombriz.** - Abono orgánico, producto resultante de la transformación digestiva en forma de excretas que ejerce la lombriz sobre la materia y/o desechos orgánicos que consume. (ADEX, 2002)
- **pH:** Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa. (NIH.)
- **Plantas de tratamiento de agua:** Las plantas de tratamiento de aguas generan una gran cantidad de residuos orgánicos conocidos como lodos o biosólidos. Por esta razón desde los últimos 50 años se han propuesto alternativas para el manejo de estos con el fin de disminuir los costos de tratamiento y disposición final. (AGUASISTEC)
- **Lombricompostaje:** Técnica utilizada para tratar residuos sólidos orgánicos con acción de las lombrices, ya sea para apoyar el proceso de compostaje o para realizarla como una técnica específica de transformación biológica. (ADEX, 2002)
- **Pie de cría** es el conjunto de animales, machos y hembras, por medio de los cuales se busca obtener crías de alto valor genético para conformar el hato y que contribuyan a los objetivos de la empresa, la comercialización o la producción.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Materiales para la preparación de las camas.

- Se utilizaron 9 unidades de tablas de madera, de 30 cm X 9 m X 2 cm, material que sirvió para la construcción de los cajones; así mismo 6 unidades de listones de madera, de 2 pulgadas X 2 pulgadas, que sirvió para el soporte a las camas para la crianza de las lombrices y 10 unidades de listones de ½ pulgada X ½ pulgada, para el soporte de las mallas de seguridad.
- Luego se colocaron mallas de metal cuadrada de ¼ de pulgada, utilizado para proteger del ingreso de lagartijas, ratones, aves, etc, con clavos de 1 pulgada para el clavado de las mallas. Así mismo 9 unidades de costales blancos que servirán para cerrar la parte inferior de los cajones, como soporte para los sustratos destinados a la investigación.
- Se utilizó una plancha de súper board, en la cual se cortaron 9 pedazos con medidas que puedan encajar en la parte superior de los cajones, esto sirvieron para obstruir el paso de luz hacia las lombrices.
- Se preparó 1 envase de plástico de 3 l litros con mango, para construcción del regadero casero para el remojo de los sustratos.
- Para el recojo de las muestras se utilizaron 6 costales con las cuales se almaceno y se transportó el compost y el estiércol de ganado vacuno.
- En el caso de los lodos residuales se utilizaron, 3 baldes 20 litros para el recojo y transporte, el mismo que sirvió para la captación de agua de lluvia.
- Juego de materiales de jardín para la remoción de los sustratos, en la cual podemos considerar una cuchara mediana y también se utilizaron materiales de construcción para el armado de los cajones: martillo, alicate, tijeras, cierras.

2.1.2. Materiales que sirvieron para la construcción del centro experimental

- Para el soporte de del techo del campo experimental se utilizaron palos largos, y clavos de 4 pulgadas que sirvieron para el prensado de los horcones con las vigas. Complementando con los materiales que sirvieron. para el armado y corte de los palos y listones.

2.1.3. Materiales para la producción de lombrices

- Se compró una cepa de lombrices de una productora de crianza de lombrices Rojas Californianas con razón social **AGROCIVA FERTILIZANTES**, la cual estaba constituida de 10 kilogramos de lombrices y 20 kilogramos de alimento que sirvió para la alimentación de las lombrices, en su recorrido del lugar hacia el lugar de ejecución del proyecto.
- Para el pesado de las muestras se utilizó una balanza de 30 kilogramos, una vez pesados las lombrices luego fueron llevados a los cajones con sus respectivos sustratos.

2.1.4. Materiales para la toma de datos

- Lapiceros, Lápices, Borrador y tajador
- Cuaderno para los datos que se señalaron los días de recolección de datos.
- Pilas doble A, marca duracell
- GPS: Marca Garmin, 24 satélites de recepción, Modelo ETREX 30
- Papel bond A4 marca Report X 75 g.
- Tablas impresas en papel bond para la toma de datos en las diferentes etapas del proceso de producción del humus final
- Calculadora científica 1 sola unidad para los cálculos de las tomas de datos
- Cámara digital SONY de 12 pixeles.

2.1.5. Características del lugar del experimento

El campo de investigación se desarrolló en las instalaciones de un terreno ubicado en el distrito de Lamas, Provincia de Lamas, departamento de San Martín, con coordenadas geográficas UTM 18S 332469 NORTE Y 9289696 ESTE, en un área de 4 metros x 4 metros, dentro de la cual se diseñó los tres bloques con los 4 tratamientos ya mencionados, donde cada bloque está separado por un metro de ancho, para facilitar el recorrido en el recojo de los datos y el ingreso de agua a los cajones para su respectiva humificación de las mismas. Principalmente se requiere un cuidado específico a las lombrices, es por ello que se dio las mejores condiciones dentro del ámbito de estudio, cuidando los valores de temperatura, humedad, pH y cantidad lumínica.

2.1.6. Montaje del experimento.

El lugar donde se realizó la investigación está ubicado en un lugar con sombra y protegido de otros animales, se usaron soportes de madera que sostuvieron a los cajones de madera, posteriormente se hizo la preparación de sustratos de lodos residuales, estiércol de ganado en semi descomposición y hojarasca en descomposición (compost). El proceso de selección de los sustratos se dio inicio el 20 de abril del 2018, con la recolección del estiércol de ganado vacuno, en una de la fincas de la localidad de Lamas en la cual se dedican a la separación y descomposición de los residuos provenientes de los animales criados en dicha zona, la hojarasca ya descompuesta (compost), se trajo de un lugar especializado en la producción de guanos para la agricultura y los lodos residuales que proporciona la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín, siguiendo el proceso de culminación el 30 de agosto del 2018, para ya el proceso de procesamiento de datos, en la cual se tomaron datos de diferentes fechas, la cosecha se realizó a los 120 días después de la siembra, obteniendo el material para someterlo a las diferentes pruebas: Estadísticas y de laboratorio (Análisis químico de lombrabono).

2.1.7. Instalaciones y equipo

El área está construida de madera, piso de tierra, paredes con techo de calamina; con dimensiones 4.0 m de ancho y 4.0 m de largo totalizando un área de 16 m². Para el montaje del experimento se utilizaron cajones de madera, las cuales tienen 0.50m. de largo, 0.40 m. de ancho y 0.30 m. de altura, totalizando un volumen de 0.06 m³.

El estudio comprendió dos fases, una de campo y otra de gabinete. La fase de campo se realizó en el periodo de abril a agosto de 2018 y tuvo una duración de cuatro meses y consistió en el montaje del experimento, manejo de cría, proceso de descomposición de los sustratos y toma de datos y en la segunda se organizó los datos, en la cual se analizó e interpretó los resultados con el uso del programa estadístico

2.1.8. Pie de cría

Para la investigación se utilizaron una cepa de lombrices *Roja Californiana* consistente en un saco de 30 kilogramos, con 10 kilogramos de lombrices Rojas

californianas y 20 kilogramos de alimento, el producto se trajo desde la ciudad de Lima, Para el montaje se colocaron en cada unidad experimental lodos residuales de la plata de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas, estiércol de ganado vacuno y hojarasca en descomposición (Según el tratamiento). Luego se colocó la selección se manera estándar con un peso de 1.5 kilogramos en bruto, contando 350 lombrices entre grandes y pequeños, cabe recalcar que se puso un poco de alimento de la cepa comprada y que hicieron el total del peso ingresado.

2.1.9. Plan de manejo.

- **Preparación de sustrato básico.**

Los sustratos se prepararon tres días antes de inocular cada una de las cajas, colocando en el fondo plástico blanco más una capa de sustrato básico de más de 3cm de espesor. El sustrato utilizado estaba en estado de semi descomposición y bien fraccionado para ser transformado rápidamente.

- **Inoculación.**

Se contabilizaron 12 densidades de población; 350 lombrices y se colocaron en el centro de la caja. Durante la primera semana se controló el criadero, observando que la lombriz se haya adaptado a su nuevo hogar.

- **Alimentación de las lombrices.**

Durante el proceso no se volvió a alimentar a las lombrices.

- **Control de parámetros**

Para el control de la acidez y la temperatura del sustrato se utilizó peachimetro, higrometro y termómetro; este control se hizo semanalmente, cada vez que se alimentaron las lombrices y así asegurar que el sustrato estuviera en óptimas condiciones de humedad, temperatura y acidez.

- **Riego.**

Este se aplicó con regadera artesanal hecho con un balde de 5 litros, haciendo huecos en la parte de la base y una abertura por donde el agua hizo su ingreso, aproximadamente 200 ml de agua por cada caja, con intervalos de tres días por semana, para lograr mantener el sustrato con un 75-85% de humedad.

- **Control de enemigos naturales.**

Se utilizaron las mallas cuadradas de metal, cortadas con un armazón de madera y luego se puso en la parte superior de las cajas de madera, posteriormente planchas de súper board cortadas para tapar el ingreso de la luz solar.

2.2. Métodos

2.2.1. Tipo y nivel de investigación.

- Tipo de investigación: Aplicada
- Nivel de Investigación: Explicativa

2.2.2. Diseño de la investigación

En el presente trabajo de investigación está constituido con un diseño experimental, en la cual se determinó si las variables están relacionadas entre sí, por ellos la variación de las dos estarán tomados en cuenta ya que una si una variable sufre el aumento o la disminución, coincidirá que la siguiente variable también este aplicada a cambio de aumento y disminución, esto se relaciona en que el trabajo de experimentación estará diseñado con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), conocido como diseño de doble vía, en la cual se aplica cuando el material es heterogéneo, en la cual las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos homogéneos llamados, según **Hinkelmann K. (1994)**, menciona que el diseño de bloques completos al azar es el material experimental dividido en “b” grupos de “t” unidades experimentales (UE) cada uno, donde “t” es el número de tratamientos, tales que las UE dentro de cada grupo son lo más homogénea posible y las diferencias entre las UE sea dada por estar en diferentes grupos. Los conjuntos son llamados bloques. Dentro de cada bloque son asignadas aleatoriamente, cada tratamiento ocurre exactamente una vez en un bloque. Si la variación entre las UE dentro de los bloques es apreciablemente pequeña en comparación con la variación entre bloques, un diseño de bloque completo al azar es más potente que un diseño completo al azar. El diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del

error”. El objetivo es determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara si la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F.

En el presente trabajo de investigación se trabajó con el diseño ya mencionado (DBCA), teniendo en cuenta que se trabajó con 4 tratamientos:

- **T₀**: lodos residuales + 1,5 kg de lombrices
- **T₁**: lodos residuales + estiércol de ganado vacuno + 1,5 kg de lombrices
- **T₂**: lodos residuales +
- **T₃**: lodos residuales + hojarasca en descomposición (compost) + 1,5 kg de lombrices
- **T₄**: lodos residuales + estiércol de ganado vacuno + hojarasca en descomposición + 1.5 kilogramo de lombrices.

Y se completó el proceso con 3 repeticiones respectivamente.

Tabla 1

Descripción de los factores en estudio, sus respectivos niveles, combinación de tratamientos y bloques

Factores	Niveles	Combinaciones
Tipos de Sustrato (a)	a ₁ = Lodos residuales	T ₀ = a1d1B1
	a ₂ = Estiércol de ganado vacuno	T ₁ = a2d1B1
	a ₃ = Hojarasca en descomposición	T ₂ = a3d1B1
Densidad de Población (d)	d ₁ = 1.5 kilogramos de Lombrices + alimento.	T ₃ = a1a2a3d1B1
		T ₀ = a1d1B2
		T ₁ = a2d1B2
Bloques (B)	B ₁ = Bloque 1	T ₂ = a3d1B2
	B ₂ = Bloque 2	T ₃ = a1a2a3d1B2
	B ₃ = Bloque 3	T ₀ = a1d1B3
Tratamientos (T)	T ₀ = testigo	T ₁ = a2d1B3
	T ₁ = Tratamiento 1	T ₂ = a3d1B3
	T ₂ = Tratamiento 2	T ₃ = a1a2a3d1B3
	T ₃ = Tratamiento 3	

Fuente: elaboración propia

2.2.3. Población y muestra

Población

La población estuvo constituida por el volumen total de lodos residuales de la planta de tratamiento agua potable EMAPA San Martín – Lamas, que se arrojan al efluente.

Considerando que los tanques de sedimentación arrojan gran cantidad de agua y solo 5 m³ de lodos residuales que son arrojados al momento de la limpieza.

Muestra

Se obtuvo teniendo en cuenta el volumen total, para la construcción de las camas composteras se utilizaron solo 1 m³ del volumen total del efluente.

2.2.4. Sistema de Hipótesis

H₀: La utilización de los residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas no será aprovechable de manera eficiente mediante la técnica del lombricompostaje.

H_i: La utilización de los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas será aprovechable de manera eficiente mediante la técnica del lombricompostaje.

2.2.5. Sistema de variables

Variable independiente:

Lodos residuales de la planta de tratamiento de agua de potable EMAPA San Martín – Lamas.

Variable Dependiente:

Producción de humus.

2.2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Para el procesamiento de datos se tuvieron en cuenta los parámetros medibles que están presentes en los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas, durante todo el proceso de investigación.

2.2.7. Técnicas de recolección de datos

- Observación del proceso de formación del humus de lombriz durante todo el proceso de investigación.
- Medición del Volumen inicial y final de los tratamientos
- Se midió los volúmenes al inicio y final del proceso de investigación lo cual sirvió para la comprobación de los cambios longitudinales que presentaron los cuerpos antes y al final de la experimentación.
- Medición del pH.
- Para la comprobación del grado de acidez o alcalinidad del producto inicial y final de acuerdo a este principio se vio el nivel óptimo de humus obtenido.
- Control de la temperatura.
- Al efectuar el control de la temperatura se verifico si los microorganismos residentes en los composteros crearon ambientes adecuados para su supervivencia, y no crear bacterias que pueden inferir en el proceso de crecimiento de las lombrices.
- Análisis físico - químico inicial del lodo residual, estiércol y forraje.
- Estos parámetros sirvieron para la verificación de nutrientes que se encuentran en el cuerpo inicial.
- Análisis físico - químico final del lodo residual, estiércol y forraje
- Para la verificación de nutrientes que se encuentran en el cuerpo final.
- Evaluación de la macro y micro fauna de cada tratamiento.
- Se evaluó los microorganismos ingresados durante el proceso de experimentación.
- Recolección del material biológico.
- El estudio se realizó tomando en cuenta el cumplimiento de los objetivos, los cual fueron trazados para cumplirlos en un orden de tiempo determinado, con la necesidad de aprovechar los lodos residuales que son vertidos por la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martin - Lamas.
- Geo-referenciación del lombricario y del campo experimental.

Metodología

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo utilizando y desarrollando diversas técnicas como lombricultura además de diversos instrumentos que apoyaron la recolección de datos, como: equipo GPS, cámara fotográfica digital, regla, wincha, balanza convencional, fichas técnicas de registro de datos, vehículo de transporte, entre otros.

Fase de Campo:

El campo de estudio del lombricario instalado, se ubicaron políticamente en:

- Región : San Martín
- Provincia: Lamas
- Distrito : Lamas
- Ciudad : Lamas
- Barrio : Suchiche

Para el desarrollo del estudio se llevará a cabo un estudio adecuado de localización, área de construcción y variables ambientales que puedan influir en el desarrollo de crecimiento del lombricultivo.

- **Instalación de las camas de compostaje:**
El área de destinada a la instalación de las camas de compostaje, se situaría en un lugar aireado, teniendo en cuenta que estará cerca de una fuente agua para facilitar su riego, y con fácil acceso para el suministro del sustrato.
- **Volteo del lodo, para su oxigenación:**
Se realizó el volteo de los tratamientos para evitar la inclusión y el crecimiento de hongos y bacterias, con el fin de promover un óptimo humus.
- **Montaje del diseño experimental:**
Se extendió capas para la estabilización de los lodos residuales, junto con el sustrato (alimento). El cual constituirá de 4 camas composteras (T1, T2, T3, T4).
- **Se definió la distribución de los pesos de lodos residuales y el alimento para los tratamientos.**

Tabla 2*Receta y proporción alimentaria para cada tratamiento*

Camas	Alimento	Cantidad de alimento	Cantidad de lombriz	Cantidad de lodo residual
T1	Lodo Residual	7.5	1 kg	7.5
T2	Lodo residual + Estiércol de ganado	7.5	1kg	7.5
T3	Lodo residual + Compost	7.5	1kg	7.5
T4	Lodos + estiércol de ganado + compost	7.5	1kg	7.5

Fuente: elaboración propia

2.2.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las fuentes de variación se separan mediante la técnica de análisis de varianza teniendo en cuenta los parámetros medibles presentes en los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas, realizando el análisis de varianza (ANVA) de las evaluaciones cuantitativas, basadas en el Modelo Aditivo Lineal, cuya ecuación es la siguiente:

$$X_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = es cualquier observación del i -ésimo tratamiento, en la j -ésima repetición.

U = es la media general

T_i = es el efecto de tratamientos.

B_j = es el efecto de bloques.

E_{ij} = es el efecto aleatorio o error experimental. **(Romero y Zúñica 2005).**

Para el procesamiento y análisis de datos se recurrió al diseño de bloques completos al azar (DBCA), tomando el modelo del análisis factorial de varianza (ANOVA) y comprobación de hipótesis con la prueba de diferencia de medias o de comparaciones múltiples DUNCAN ($\alpha=0,05$). Para el análisis; con los datos obtenidos se realizaron gráficos estadísticos con sus respectivas interpretaciones y se tomaron los siguientes datos que a continuación mencionaremos:

Peso total de muestras de humus por cada tratamiento, en kilogramos. (Biomasa):

Se determinó considerando los pesos de las lombrices de cada tratamiento, esta medición se hizo a los 120 días después de la siembra.

Longitud promedio de lombriz: Se determinó el promedio de las longitudes individuales después de cuatro meses de siembra de la semilla. Esta variable se midió con regla graduada considerando una muestra representativa de 30 individuos, la longitud se tomó de forma individual.

Comparación de los tratamientos mediante el análisis de suelo. Al iniciar y al finalizar el estudio realizado se comparó la consistencia de las muestras mediante el análisis de suelo realizado.

Dimensiones físicas de las muestras finales. Para la evaluación de las dimensiones físicas tendremos en cuenta los siguientes parámetros olor, textura, temperatura y pH.

Dimensiones químicas de las muestras. En la evaluación de las dimensiones químicas se estarán indicando mediante componentes orgánicos y al mismo tiempo componentes inorgánicos.

2.2.9. Analizar económicamente el proceso de producción de humus a partir de la extracción de los lodos residuales del proceso de potabilización de agua, mediante la técnica del lombricompostaje.

Para el análisis económico de la producción de humus a partir de los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua a potable EMAPA San Martín – Lamas, se tendrá en cuenta factores en la cual el producto final estará directamente relacionado con la inversión que nos propusimos al momento de iniciar el proyecto.

Es esta oportunidad al ser una investigación el proyecto estuvo financiado por mi persona, autor del proyecto de investigación de tesis, en la cual estuvo formulado por una serie de factores:

- ***Capital inicial***

Para el proceso de investigación del proyecto de tesis desde el inicio (materia prima), hasta su culminación obtención de humus), mi persona responsable del proyecto de investigación se tuvo un capital fijo para afrontar el proceso.

- ***Metas de la producción a lograr***

Para el proceso de investigación, me propuse a lograr humus óptimo a partir de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín – Lamas, en la cual estos lodos residuales que son sólidos suspendidos en el agua cruda antes del ingreso al tratamiento, para lograr la separación de estos sólidos suspendidos en el agua, por su alta concentración en sulfato de aluminio, material que sirve como coagulante y posteriormente obteniéndose agua pura y lodos residuales, estos lodos residuales son depositados sin ningún control, y medida, que a lo largo pueden generar impactos ambientales a los ecosistemas.

Ante ellos me nació la idea de investigar y dar una opción de solución a este producto, partiendo por encontrar algún elemento en la cual pueda minimizar los impactos generados durante su procesamiento final. Muchas ideas me resulto en un principio, ante ellos salió la idea de la utilización de lombrices Rojas californianas *Eisenia foetida*, cuyo factor en la transformación de materias orgánicas en productos reutilizables es muy importante, el producto final de la lombriz roja californiana es un abono orgánico muy enriquecido, para el inicio de un trabajo exitoso se inicia mediante un análisis económico en la cual me trace metas de producción y a fin saber si pudiera ser rentable la utilización de un lombricario a partir de la transformación de lodos residuales en abono orgánico.

- ***Cuadro de producción y flujo de fondos.***

Para el análisis del proceso de producción de humus, se utilizaron indicadores económicos, en las cuales se fundamentaron de acuerdo a la mano de obra y lista de materiales que se utilizó durante el proceso, el cual se inició el día de construcción del lombricario, culminando el último día de efectuado el proceso de investigación.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Peso total de humus por cada tratamiento, en kilogramos.

Los datos y valores promedios del peso total de humus se indica en la Tabla 3. Según los resultados de la tabla 3, el mayor peso promedio del humus sin zarandear es obtenido en el tratamiento 4 con 14.3 kg, siendo el menor el obtenido en el tratamiento 3 con 9.7 kg.

Tabla 3

Peso de humus sin zarandear.

Muestras	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	10.1	12.8	11	14.3
2	9.8	10.2	11.1	13.5
3	10.4	10.2	7	15.2
Promedio	10.1	11.1	9.7	14.3

Fuente: elaboración propia

En la **tabla 3** se muestra el análisis de varianza para el peso de humus sin zarandear. En esta tabla se presenta el análisis de varianza, según los resultados obtenidos y dado que el valor $F > F$ crítico, se puede deducir que existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto al peso del humus sin zarandear. Existe significación entre los tratamientos, y presenta el coeficiente de variación de 12.92 %.

Tabla 4

Análisis de varianza para el peso de humus sin zarandear.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F	Valor F crítico
Tratamientos	39.77	3	13.26	6.21	4.07 *
Error	17.077	8	2.13		
Total	56.84	11			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{Prom. General} = (2.13)^{1/2} / 11.3 = 12.92 \% \quad C.V. = 12.92 \%$$

En la tabla 4 se muestra el Análisis de varianza para el peso de humus sin zarandear, y en ella observamos que existe significancia entre los tratamientos estudiados.

Tabla 5

Prueba de Duncan del Peso total de humus sin zarandear.

Clave	Promedio del peso total del humus sin zarandear (kg)	
T4	14.3	a
T2	11.1	b
T1	10.1	b
T3	9.7	b

Fuente: elaboración propia

La prueba de Duncan del peso total de humus (sin zarandear) está en la tabla 5, en la cual encontramos que el T4 presentó superioridad estadística y numérica, mientras que T3 obtuvo el menor valor numérico.

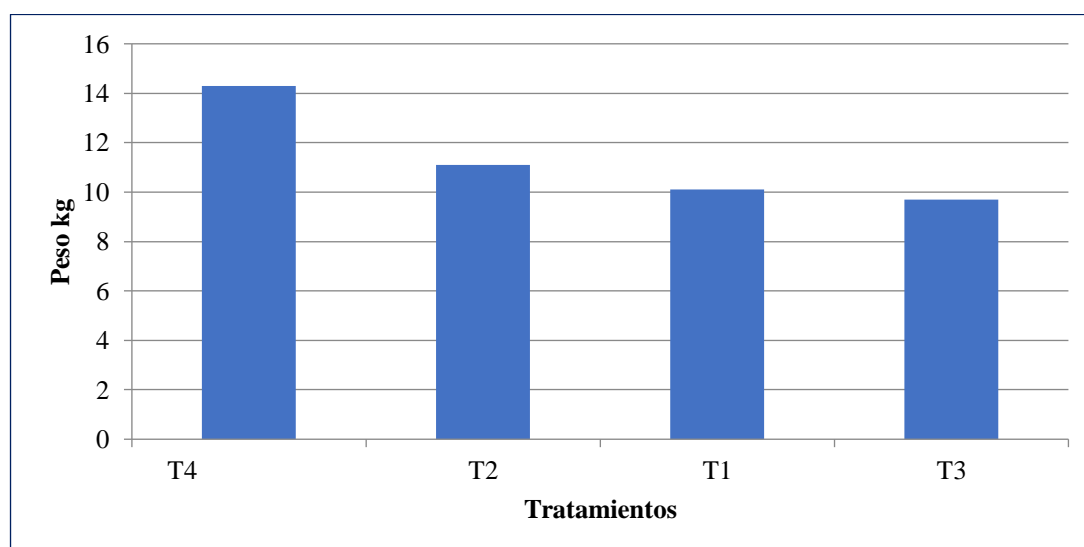


Figura 1. Peso total de humus (kg). (Fuente: elaboración propia).

En la figura 1, muestra que el tratamiento cuatro fue superiores entre los tratamientos estudiados, observando claramente que el tratamiento tres (3) reporta el menor valor numérico.

Tabla 6*Peso del humus zarandeado*

Muestras	T1	T2	T3	T4
1	7.2	9.1	8.2	10.8
2	7.1	8	7	11.8
3	8.1	8.5	4.5	10.1
Promedio	7.5	8.5	6.6	10.9

Fuente: elaboración propia

El peso de humus zarandeado se muestra en la tabla 6, en el cual observamos el mayor peso promedio del humus zarandeado es obtenido en el tratamiento 4 con 10.9 kg, siendo el menor el obtenido en el tratamiento 3 con 6.6 kg.

Tabla 7*Análisis de varianza para el peso de humus zarandeado*

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Valor F crítico</i>
Tratamientos	31.49	3	10.50	8.57	4.07 **
Error	9.80	8	1.22		
Total	41.29	11			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{Prom. General} = (1.22)^{1/2} / 8.37 = 13.19 \% \quad C.V. = 13.19 \%$$

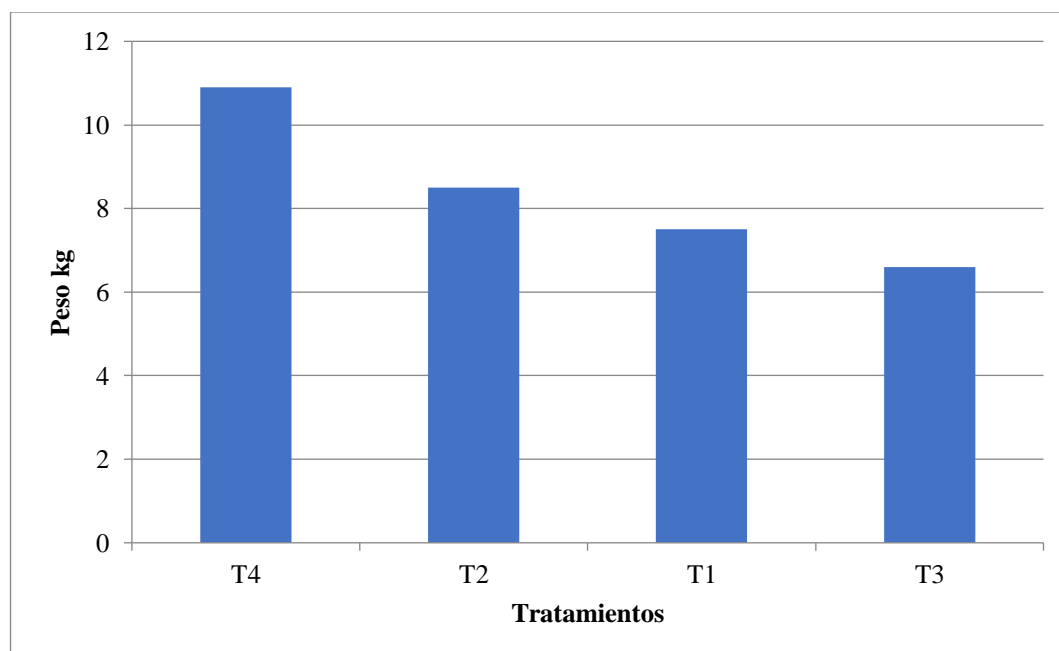
El análisis de varianza del peso de humus zarandeado, se muestra en la tabla 7 y en ella se encuentra alta significación entre tratamientos estudiados, con un coeficiente de variación de 13.9 %. En la tabla 7 se presenta el análisis de varianza, según los resultados obtenidos y dado que el valor $F > F$ crítico, se puede deducir que existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto al peso del humus zarandeado.

Tabla 8*Prueba de Duncan del Peso de humus zarandeado.*

Clave	Promedio del peso total del humus sin zarandear (kg)	
T4	10.9	a
T2	8.5	b
T3	7.5	b
T4	6.6	b

Fuente: elaboración propia

En la tabla 8 observamos la prueba de Duncan del peso del humus zarandeado que el Tratamiento cuatro (T₄) presenta superioridad estadística y numérica en cuanto al peso de humus zarandeado; mientras que el Tratamiento tres (T₃) presenta el menor valor numérico.

**Figura 2.** Peso de humus zarandeado (kg). (Fuente: elaboración propia)

La figura 2 muestra la diferencia entre promedios de los tratamientos.

3.2 Producción de “Lombriz Roja” (*Eisenia foetida*):

Tabla 9

*Producción de “Lombriz Roja” (*Eisenia foetida*) a los 30 días.*

Muestras	T1	T2	T3	T4
1	302	365	316	388
2	335	340	384	398
3	286	338	310	375
Promedio	308	348	337	387

Fuente: elaboración propia

Según los resultados de la tabla 9, respecto a la producción de “Lombriz Roja” (*Eisenia foetida*) a los 30 días, se puede deducir que la mayor producción es obtenida en el tratamiento 4 con 387 gr, siendo el menor el obtenido en el tratamiento 1 con 307 gr.

Tabla 10

*Análisis de varianza para la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 30 días*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor F crítico
Tratamientos	9702,25	3	3234,08	0,03	4,07
Error	5346	8	668,25		
Total	15048,25	11			

Fuente: elaboración propia

$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{Prom. General} \times 100 = (668,25)^{1/2} / 344,75 = 7,5 \% \quad C.V. = 7,5 \%$

El análisis de varianza de la producción de Lombrices a los 30 días se muestra en la Tabla 10, en la cual no presenta significación, es decir no hay diferencia estadística entre los valores promedios. Porque el valor $F_t < F$ crítico, se puede deducir que no existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 30 días. Y el coeficiente de variación fue de 7.5 %.

Tabla 11*Producción de lombrices Eisenia foetida a los 60 días*

Muestras	T1	T2	T3	T4
1	595	695	545	634
2	596	635	622	593
3	512	588	538	612
Promedio	568	639	568	613

Fuente: elaboración propia

Producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 60 días. Según los resultados de la tabla 11, respecto a la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 60 días, se puede deducir que la mayor producción es obtenida en el tratamiento 2 con 639 gr, siendo el menor el obtenido en el tratamiento 1 y 3 con 568 gr cada uno.

Tabla 12*Análisis de varianza para la producción de lombrices Eisenia foetida a los 60 días.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor F crítico
Tratamientos	11190,92	3	3730,31	1,91	4,07
Error	15588,00	8	1948,50		
Total	26778,92	11			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{Prom. general} \times 100 = (1948.50)^{1/2} / 597.08 \times 100 = 7.39\%$$

En la tabla 12 se muestra el análisis de varianza para la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 60 días. Y según los resultados obtenidos y dado que el valor $F < F$ crítico, se puede deducir que no existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los dos meses (60 días), con el coeficiente de variación de 7.39 %.

Tabla 13*Producción de lombrices Eisenia foetida a los 120 días*

Muestras	T1	T2	T3	T4
1	790	893	638	712
2	560	695	598	692
3	481	603	503	685
Promedio	610	730	580	696

Producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 120 días. Según los resultados de la **tabla 13**, respecto a la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 120 días, se puede deducir que la mayor producción es obtenida en el tratamiento 2 con 730 gr, siendo el menor el obtenido en el tratamiento 3 con 580 gr cada uno.

Tabla 14*Análisis de varianza para la producción de lombrices Eisenia foetida a los 120 días.*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor F crítico
Tratamientos	45153,00	3	15051	1,14	4,07
Error	105472,67	8	13184,08		
Total	150625,67	11			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{PROM. GENERAL} \times 100 = (13184,08)^{1/2} / 654,17 = \mathbf{17,55\%}$$

Análisis de varianza para la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 120 días. En la tabla 14 se presenta el análisis de varianza, según los resultados obtenidos y dado que el valor $F < F$ crítico, con un coeficiente de variación de 17.55 %. Y se puede deducir que no existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la producción de lombrices *Eisenia foetida* a los 120 días.

3.3 Parámetros físicos y químicos de las muestras de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable.

Tabla 15

Temperatura de los lodos residuales

	T1	T2	T3	T4
	21,67	22,46	22,78	22,51
I: Mayo	22,07	22,81	22,82	22,75
	22,37	22,77	22,38	22,7
II: Junio	21,99	21,99	22,49	22,76
	22,55	22,3	22,34	23,14
	22,52	22,21	22,35	23,08
III: Julio	22,57	22,59	22,71	22,4
	22,86	22,89	22,86	22,3
	22,35	22,59	22,64	22,3
IV: Agosto	22,81	22,59	22,58	22,56
	22,41	22,59	22,41	22,62
	22,59	22,59	22,16	22,59
Promedio	22,40	22,53	22,54	22,64

Fuente: elaboración propia

Según los resultados de la tabla 15, respecto a la temperatura de los lodos residuales, se puede deducir que la mayor temperatura se da en el tratamiento 4 con 22.64 °C, siendo la menor la obtenida en el tratamiento 1 con 22.40°C.

Tabla 16

Análisis de varianza para la temperatura de los lodos residuales

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Valor F crítico</i>
Bloques	0,08	3	0,03	0,73	2,90
Tratamientos	0,37	3	0,12	3,23	2,90
Interacción	2,07	9	0,23	6,07	2,19
Error	1,21	32	0,04		
Total	3,73	47			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{PROM. GENERAL} \times 100 = (0.04)^{1/2} / 22,53 \times 100 = 0,89 \%$$

El Análisis de varianza para la temperatura de los lodos residuales se muestra en la tabla 16. Según estos resultados, respecto a los tratamientos dado que el valor $F > F$ crítico, se puede deducir que existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto a la temperatura de los lodos residuales.

Respecto a los bloques (tiempo), no existen diferencias significativas respecto a la temperatura de los lodos residuales dado que $F < F$ crítico.

Asimismo, al interactuar el tiempo con la temperatura encontramos que existen diferencias significativas ($F > F$ crítico), deduciéndose que el tiempo influye significativamente en la temperatura de los lodos residuales. El coeficiente de variación es 0.89 %.

Tabla 17

Humedad de los lodos residuales

	T1	T2	T3	T4
I: Mayo	83	82	82	81
	84	83	84	81
	82	82	83	82
II: Junio	83,86	83,86	79,83	78,17
	83	78,17	77,33	84
	84	84	79,83	78,17
III: Julio	81,43	81,67	80,33	80,33
	81,33	83,33	81,33	80,33
	81,67	81,67	81,33	80,33
IV: Agosto	82,50	82,81	83,12	82,19
	84,69	83,75	84,69	84,06
	82,81	81,81	84,69	83,12
Promedio	82,86	82,34	81,79	81,23

Fuente: elaboración propia

En la tabla 17 se muestra la humedad de los lodos residuales. Según estos resultados, respecto a la humedad de los lodos residuales, se puede deducir que la mayor humedad se da en el tratamiento 1 con 82,86%, siendo la menor la obtenida en el tratamiento 4 con 81,23%.

Tabla 18*Análisis de varianza para la humedad de los lodos residuales*

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Valor F crítico</i>
Bloques	38,53	3	12,84	6,27	2,90 *
Tratamiento	17,81	3	5,94	2,90	2,90
Interacción	34,24	9	3,80	1,86	2,19
Error	65,52	32	2,05		
Total	156,10	47			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{PROM. GENERAL} \times 100 = (2,05)^{1/2} / 82,06 \times 100 = 1,7 \%$$

En la tabla 18 se muestra el Análisis de varianza para la humedad de los lodos residuales. Según los resultados mostrados en la tabla 18, respecto a los tratamientos dado que el valor $F = F$ crítico, no se puede deducir la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos

Respecto a los bloques (tiempo), existen diferencias significativas respecto a la humedad de los lodos residuales dado que $F > F$ crítico.

Asimismo, al interactuar el tiempo con la humedad encontramos que no existen diferencias significativas ($F < F$ crítico), deduciéndose que el tiempo no influye significativamente en la humedad de los lodos residuales. Y el coeficiente de variación fue 1.7 %.

Tabla 19*pH de los lodos residuales*

	T1	T2	T3	T4
I: Mayo	6,19	6,12	5,94	6,02
	6,27	6,37	6,27	6,06
	6,11	6,12	6,27	6,06
II: Junio	7,31	7,31	7,28	7,18
	7,27	7,46	7,27	7,18
	7,23	7,23	7,27	7,18
III: Julio	7,21	7,27	7,3	7,4
	7,27	7,27	7,27	7,5
	7,27	7,27	7,27	7,5
IV: Agosto	7,12	7,12	7,12	7,25
	7,5	7,31	7,5	7,53
	7,12	7,12	7,22	7,53
Promedio	6,99	7,00	7,00	7,03

Fuente: elaboración propia

El pH de los lodos residuales: se muestra en la tabla 19, y según los resultados se puede deducir que el mayor pH se da en el tratamiento 4 con 7,03 unidades de pH siendo el menor el obtenido en el tratamiento 1 con 6,99 unidades de pH.

Tabla 20

Análisis de varianza para el pH de los lodos residuales

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Valor F crítico</i>
Bloques	11,696	3	3,899	298,08	2,90**
Tratamientos	0,013	3	0,004	0,34	2,90
Interacción	0,264	9	0,029	2,24	2,19
Error	0,419	32	0,013		
Total	12,392	47			

Fuente: elaboración propia

$$C.V. = (CMEE)^{1/2} / \text{Prom. general} \times 100 = (0.013)^{1/2} / 7,01 \times 100 = \mathbf{1,63 \%}$$

El análisis de varianza para el pH de los lodos residuales. Según los resultados mostrados en la tabla 20, respecto a los tratamientos dado que el valor $F < F$ crítico, se puede deducir que no existen diferencias significativas entre los tratamientos respecto al pH de los lodos residuales.

Respecto a los bloques (tiempo), existen diferencias significativas respecto al pH de los lodos residuales dado que $F > F$ crítico.

Asimismo, al interactuar el tiempo con el pH encontramos que existen diferencias significativas ($F > F$ crítico), deduciéndose que el tiempo influye significativamente en el pH de los lodos residuales. Y el coeficiente de variación fue de 1,63 %.

Resumen de las evaluaciones realizadas

Tabla 21

Resumen de las evaluaciones realizados.

Evaluación	Valores Promedios de Tratamientos				ANVA	
	T1	T2	T3	T4	CV (%)	Signif.
Peso total humus/Tratam./kilog.	10,1	11,1	9,7	14,3	12,92	*
Peso humus zarandeado (Kg)	7,5	8,5	6,6	10,9	13,19	**
Producción Lombriz roja a 30 días	308	348	337	387	7,5	N.S.
Producción Lombriz roja a 60 días	568	639	568	613	7,39	N.S.
Producción Lombriz roja a 120 días	610	730	580	696	17,55	N.S.
T° Lodos residuales	22,40	22,53	22,54	22,64	0,89	*
Humedad de lodos residuales	82,86	82,34	81,79	81,23	1,7	N.S.
El pH de lodos residuales	6,99	7,00	7,00	7,03	1,63	N.S.

Fuente: elaboración propia

Se muestra en la Tabla 21. Según los resultados mostrados en la tabla 21, respecto a las evaluaciones realizadas, se puede deducir que en las evaluaciones de peso total de humus/tratamiento/kilogramo y en la temperatura de lodos residuales existe diferencia significativa, y en el peso de humus zarandeado (kg) hay alta significación, no existiendo diferencias significativas en las evaluaciones de producción de “Lombriz roja” a 30, 60 y 120 días, en la humedad y en el pH de lodos residuales. Respecto a los Coeficientes de variación (CV), existe el menor valor de 0.89% en la T° de lodos residuales y el mayor CV de 17,55 es de la producción de lombriz roja a 120 días.

Tabla 22*Presupuesto de producción de 200 kilos de humus.*

Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit. (S/)	Total (S/)
I. Costos Directos				
Extracción de lodos	Jornal	1	40,00	40,00
Construcción de composteras	Jornal	0,5	20,00	10,00
Envases	Sacos	50	0,50	25,00
Etiquetas	Ciento	1,5	5,00	7,50
Envasado y almacenado	Unid.	50	0,50	25,00
Total costos directos				107,50
II. Costos indirectos				
Imprevistos (10% de Costos Directos)				10,75
Servicios, guantes, mascarillas.	Unid.	1	10,00	10,00
			Total S/.	127,25

Análisis económico del proceso de producción de humus a partir de la extracción de los lodos residuales del proceso de potabilización de agua, mediante la técnica del lombricompostaje. En la tabla 22 se muestra el costo de producción de 200 kilos de compost a partir de lodos, si la extracción fue en forma manual, considerando solamente un jornal para la extracción de lodos y obtener 200 kilos de compost fue de 127,25 soles.

Tabla 23*Estimación del precio de venta de un saco de 50 kilos de humus de lodo de efluentes*

Cantidad Compost	Costo Producción (S/)	Margen Utilidad (50%)	Costo Producc. + Margen Utilidad	Precio de Venta Unitaria= CP+MU /50
50 sacos	127,25	S/ 63,63	S/ 190,88	S/ 3,82= 4,00

Fuente: elaboración propia

En la tabla 23 se muestra el costo de extracción y el precio de venta de un saco de 50 kilos de lodos extraídos de los efluentes, es una propuesta general de estimar el precio

de venta de 50 sacos de compost producido a partir de lodos de efluentes, considerando el costo de producción de 127.25 soles, y con la propuesta del 50% de margen de utilidad a las condiciones de libre mercado se determinó el precio de venta por saco de 50 kilos, en 3.82 soles con un equivalente de S/ 4.00 soles.

3.3.1 Análisis económico y financiero de la producción del compost

Proyección de inversiones:

Considerando los materiales y equipos en el costo para obtener diez toneladas (10, 000 kilos) de compost es 8 328.29 soles (\$ 2,307, 01, al cambio de S/ 3,61) y teniendo en cuenta el 5% de imprevistos presentados en el proceso tal como se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Inversión inicial para la producción de diez toneladas (diez mil kilos)

INVERSIONES	TOTAL S/
Materiales e insumos	
Residuos orgánicos (recojo)	1920
Alambre de púas	502
Postes y maderas ubicados en composteras	1120
Tanques	560
Pala y machetes	93
Carretilla	200
Calaminas para cercado (no ingreso de aves domésticos)	780
Sacos de polipropileno	250,
Equipos	
Mochila para regar y fumigar	250
Balanza	93
Servicios	
Transporte y ubicación de residuos orgánicos en composteras	1177.75
Remoción, manejo de compostera, zarandeo, ensacado	1000
Sub total	7945.75
Imprevistos del 5%	382.54
Total de inversión	8328.29

Depreciación de activos fijos

En un tiempo determinado los equipos usados en la producción de compost tienen una tendencia a depreciación, por tal motivo hacemos la depreciación de los materiales y equipos que tienen una vida útil entre 3 y 5 años; en tal sentido consideramos una depreciación lineal con un valor anual de 941.63 soles, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25

Depreciación de materiales y equipos.

Rubros	Depreciaciones
Materiales, equipos	491.63
Equipos específicos	450.00
Total (S/)	941.63

En la tabla 25 se muestra la depreciación de materiales y equipos, el cual es importante en la elaboración del análisis económico de un proyecto.

Costo de producción de 10 toneladas de compost

Se tiene en cuenta los costos directos e indirectos, la mano de obra y los insumos necesarios para la producción. El cual asciende a 4 284.36 soles.

Tabla 26

Costo de producción de 10 toneladas de compost

Concepto	Costo total (S/)
Insumos	867.75
Ubicación de residuos, riegos, etc	277.59
Mano de obra	2640.00
Transporte	120.00
Manejo y ensacado	175.00
Sub total	4 080.34
Imprevisto (5 %)	204.02
Total	4 284.36

Gastos administrativos

Están relacionados con la administración del proyecto, cuyos gastos son: sueldos y salarios del personal de planta incluyendo los beneficios otorgados por norma legal, y

los servicios necesarios para la producción, entre ellas tenemos al agua, luz, teléfono, etc.

Tabla 27

Detalle de gastos administrativos

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sueldos y salarios	21 291.36	21 930.10	22 588.00	23 265.64	23 963.61
Servicios básicos/año	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00
Total	22 491.36	23.130.10	23 788.00	24.465.64	25.163.61

Costos fijos

En este rubro se considera costos de mano de obra necesario utilizado en el manejo del compostaje, la depreciación de equipos y materiales, los gastos de servicios básicos generados en un tiempo determinado.

Tabla 28

Costos fijos

Costos fijos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Depreciación	941.63	941.63	941.63	941.63	941.63
Sueldos y salarios	21 291.36	21 930.10	22 588.00	23 265.64	23 963.61
Servicios básicos	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00	1 200.00
Total	23 432.99	24 071.73	24 729.63	25 407.27	26 105.24

Fuente: elaboración propia

Proyección de ventas

En este caso se indica los ingresos y la producción por etapa en kilogramos, lo cual permite estimar los costos y gastos que incurren en la producción y la comercialización, es importante conocer la proyección de venta esperada en forma anual, además se indica la producción dando un total de 47 228.40 kg con un ingreso de 11 807.10 por período, con un incremento anual de un 4 %; y el precio tentativo para la venta es 0.25 por kilogramo.

Tabla 29

Ingreso y rendimiento por etapa o campaña completa de obtención de compost

Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total (kg)	47 228.40	49 117.54	51 082.24	53 125.53	55 250.55
Precio	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29
Total	11 807.10	12 770.56	13 792.20	14 875.15	16 022.66

Estudio financiero

La fuente de financiamiento

Hace mención al pago de amortización por la deuda adquirida para invertir en el proyecto aprobado el préstamo bancario, quien otorga créditos productivos con el 11.57 % de interés anual.

El requerimiento del capital es 13 000 soles financiado en su totalidad, la deuda se paga amortizando cada año con su interés hasta terminar el pago en cinco años.

Tabla 30

Amortización de la deuda

Cantidad de la deuda: 13 000.00
Tasa de interés: 12 %
Tiempo (Período): 5 años

En la tabla 30 presentamos la información sobre la amortización de la deuda, en ella está la cantidad de la deuda (el préstamo) con la tasa de interés al 12 % para devolver en 5 años.

Tabla 31*Detalles de pago*

Saldo inicial	Cuotas	Interés	Capital	Saldo final
13000	3 567.99	1504,1	2 063.89	10 936.11
10 936.11	3 567.99	1265.31	2 302.68	8 633.43
8 633.43	3 567.99	998.89	2 569.10	6 064.33
6 064.33	3 567.99	701.64	2 866.35	3 197.98
3 197.98	3 567.99	370.01	3 197.98	0.00

La tabla 31 nos muestra el monto total del préstamo (S/ 13 000.00), las cuotas y los intereses a devolver en forma anual, por el período de cinco años.

Flujo de caja

En este caso utilizamos las cuentas indicadas en las tablas anteriores para la elaboración del flujo de caja, con la finalidad de conocer la rentabilidad del proyecto, y para ello es necesario mostrar la inversión inicial en el año cero. Y posteriormente se indica los ingresos totales menos los egresos totales del proyecto desde el año 1 al año 5 para luego mostrar si el proyecto presenta utilidad o pérdida en cada uno de ellos con énfasis en la factibilidad. Ver la tabla

Tabla 32*Flujo de caja proyectado*

Inversión inicial	- 8328.29	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo de efectivo		4062.82	4587.98	5071.16	5663.22	6293.05

Relación Beneficio/Costo

En este caso se toma en cuenta los ingresos totales de la venta de la producción de compost, y los egresos totales para dar un resultado si el ejercicio contable presenta beneficios o pérdidas.

La relación $B/C = 11\ 807.10 / 7\ 101.94 \dots\dots B/C = 1.66$

La presente fracción indica que, por cada sol invertido, el productor de compost obtendrá una ganancia de S/ 0.66; entonces queda demostrado que habrá rentabilidad.

Tabla 33

Promedio de las riquezas nutricionales de las muestras

Campo	pH	CE dS/m	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	M.O %	Al %
T1	7,34	3,23	0,64	0,22	0,33	0,34	0,22	23,50	0,01
T2	7,04	3,67	1,22	0,15	0,42	0,23	0,18	23,91	0,01
T3	6,48	3,53	0,37	0,43	0,14	0,76	0,23	43,50	0,01
T4	6,75	2,93	0,23	0,15	0,19	0,36	0,17	26,70	0,01
Suma.	27,61	13,36	2,46	0,95	1,08	1,69	0,80	117,61	0,04
Promedio	6,903	3,34	0,62	0,24	0,27	0,42	0,2	29,403	0,01

Fuente: elaboración propia

En la tabla 24 se aprecia los valores promedios de los resultados del Análisis de lodos reportado por el Laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT)-Tarapoto. Presenta elementos importantes requeridos por las plantas, entre ellas los macro elementos N, P, K; los elementos menores Ca y Mg; además tiene alto contenido de materia orgánica. Es de reacción neutra con pH de 6.903 en promedio. Las riquezas nutricionales de lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas. Análisis reportado por el Laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) ubicado en Tarapoto. San Martín.

3.4 Área de influencia ambiental y social

Delimitación del área de influencia directa e indirecta, ambiental y social.

3.4.1. Área de influencia ambiental.

Está considerado el espacio geográfico sobre el cual todas las actividades del proyecto ejercen el tipo de impacto considerable con respecto al ambiente, como producto de una interacción entre el medio físico, biológico y social.

El área de influencia del proyecto es considerada el total resultante de la unión del área de influencia directa más el área de influencia indirecta.

Área de influencia directa (AID): estamos considerando al área donde se ubica físicamente la infraestructura del proyecto y donde los impactos ambientales son directos y con mayor intensidad, en este caso se realizó en Barrio Suchiche de la Provincia de Lamas, región San Martín.

Área de influencia indirecta (AII): En este caso está considerada como el área circundante alrededor del área de influencia directa, lugar donde se puede esperar la difusión de los impactos ambientales, hasta su extinción o agotamiento; porque está lo suficientemente lejos del área del proyecto o por presentar aproximaciones a barreras físicas o biológicas que van a limitar su difusión.

La vegetación circundante al área estuvo constituida por especies sembradas por los pobladores.

3.4.2. Área de Influencia Social

El área de influencia lo consideramos bajo dos denominaciones:

Área de Influencia Directa (ADI): Constituida por el área de producción de plantas frutales entre ellas “Cacao”, “Guabas”, “Paltos”, “Tumbo”, “Café” de cada propietario vecino del Distrito de Lamas. En el lugar no hay otras poblaciones urbanas próximas ni actividades económicas significativas en el lugar.

Los criterios que consideramos para determinaciones del área de influencia al proyecto se mencionan a continuación:

- ✓ **Ubicación del área más cercana al proyecto:** en este proyecto el sector de producción de “Piña”, huertas con frutales propios de la región y terrenos con especies herbáceas como una zona intervenida y de propiedad privada. La Empresa “Don pollo” está a más o menos 2 km de distancia del lugar del proyecto
- ✓ El área que podría generar modificación de algunas de sus características socioeconómicas actuales; el área de influencia directa de este proyecto es una zona intervenida similar, con actividad cafetalera, producción de “piña”, pastizales, “maíz”, es decir son terrenos rurales, que en el transcurso de los años se podrían convertir en terrenos urbanos.

- ✓ Repercusión en el desarrollo económico, en el entorno al proyecto de tratamiento de lodos residuales de la planta de tratamiento de agua, EMAPA – San Martín, no hay poblaciones pequeñas, solamente el desarrollo de actividades agrícolas que generan algunos ingresos económicos de las familias pobladoras del lugar.
- ✓ **Área de Influencia Indirecta (AII):** conformado por el centro poblado El Huayco cuyos pobladores se dedican al turismo (venta de artesanías, bebidas, comidas, etc.) y a la agricultura en menor escala con las siembras y cosechas continuas de plátano, frijoles, yucas, entre otras especies.
- ✓ Los principales criterios que tomamos en cuenta para las determinaciones del área de influencia al proyecto son:
- ✓ **. Las zonas o poblaciones ubicadas geográficamente al entorno del área de influencia directa,** los distritos relativamente próximos al proyecto son Shanao y Cuñumbuque, ambos están ubicados a más de 14 Km de distancia.
- ✓ **Población cercana al área de influencia Directa,** con más accesibilidad para recepcionar beneficios sobre oportunidades de **empleo y compras locales generadas por el Proyecto:** distritos de San Martín, Shanao, Cuñumbuque, y todos los distritos de Lamas en general.
- ✓ **Población que puede ser receptora indirectamente de algún tipo de inversión social** por parte de asociaciones o empresas agrícolas: distritos de Lamas en general.

Tabla 34

Área de influencia social del proyecto.

Sector Altitudinal	Región	Provincia	Distrito	Área de Influencia Directa	Área de Influencia Indirecta
Cuñumbuque (4,681 habit.)*	San Martín	Lamas	Cuñumbuque	Cuenca lechera del Mayo Campos agrícolas	Asociación de ganaderos y comerciantes.
Shanao (3,460 habit.)*			Shanao	(maíz), frutales y ganadería	Comités de productores de maíz
Rumizapa (2,481 habit.)*			Lamas	Frutales	Productores de frutales

Fuente: elaboración propia

3.4.3. Descripción del área del proyecto

A. Medio físico

Fisiografía. La fisiografía en este sector está caracterizada por la presencia de un suelo de capa superficial arcillosa de color rojizo y con pendiente media, se caracteriza por la presencia pastizales ausencia de bosques naturales en el entorno al proyecto, existe la presencia próxima de grandes paisajes: planicie. El terreno circundante al proyecto está conformado por especies de gramíneas aptos para el consumo del ganado vacuno, “naranja” (*Citrus sinensis*), “Limon ácido” (*Citrus aurantifolia*), “Mandarina” (*Citrus nobilis*), “Guaba” (*Inga feullei*), “Tumbo” (*Passiflora edulis var. cuadrangularis*), etc.

Clima. El área de estudio comprende los distritos de Lamas, Rumizapa, Shanao, Cuñumbuque, Pinto Recodo, en la provincia de Lamas, departamento de San Martín, selva norte del Perú. Se ubican entre las altitudes de 814 y 270 msnm. El clima de las áreas en estudio son propias de bosque húmedo premontano tropical, con altas precipitaciones pluviales, alta humedad relativa y T° moderadas o templadas.

Meteorología. Existe información proporcionada por SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología); según las estaciones seleccionados en función de la cercanía al área de estudio. Los meses más lluviosos son febrero, marzo y abril, los menos lluviosos junio, julio Agosto y Setiembre.

Precipitación. La baja precipitación pluvial o período lluvioso es en el mes de agosto, y la mayor precipitación en el mes de abril.

Temperatura. La T° media mensual en el área de estudio está con baja variabilidad térmica.

Humedad relativa. La disponibilidad de vapor de agua durante todo el año es permanente, no es observable las disminuciones muy abruptas,

existe poca variabilidad de este parámetro durante el año, llegando a registrar una humedad relativa media anual mayor de 80%.

Vientos. En horas de la mañana el predominio de vientos es de calma, con ocurrencias esporádicas de viento ligero proveniente del sur este hacia el Noroeste.

Geología de la zona de estudio. Corresponde a formaciones geológicas del Período Cretácico y Era Mesozoica.

Suelos. La caracterización del recurso suelo dentro del ámbito del proyecto realizamos mediante la investigación de áreas de muestreo y análisis en laboratorio, con la finalidad de obtener una información sistematizada sobre la realidad del suelo del lugar.

Localización y extensión. Los sectores se encuentran ubicadas políticamente en la provincia de Lamas en la margen izquierda del río Mayo y margen derecha de izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry.

Rasgos Fisiográficos. La fisiografía de esta zona de estudio está conformada por terrazas planas formadas por suelos aluviales, terrenos con pequeñas pendientes.

Material Parental. Los suelos existentes en el área del proyecto, corresponden a un suelo de origen aluvial como resultados de la acumulación en las terrazas formadas en las márgenes del río Mayo. Se encuentra básicamente entre áreas de producción agrícola de cultivos anuales y perennes.

Regímenes de humedad de los suelos. En los sectores: Los suelos son arcillosos por tal motivo presentan un régimen de humedad údico, es decir no están muy secos ni secos por más de tres meses (90 días) acumulativos al año y con un régimen de T° isotérmico.

Pendiente. El área presenta pequeña pendiente, menor que 30 %, es con pendientes medias.

Drenaje. Encontramos un drenaje de moderado a alto, es decir existe un buen movimiento de las aguas superficiales, quienes fluyen hacia las partes bajas que van hacia el río Mayo.

Uso Mayor de Suelos. La clasificación la presentamos según la evaluación de campo corroborada en base a imágenes satelitales TM Landsat. Las clases encontradas en los sectores evaluados fueron las siguientes:

- ✓ Existe una parte que corresponde a suelos de clase con aptitud de pastoreo (Suelos de clase P).
- ✓ Un sector que corresponde a suelos de clase con aptitud de cultivos permanentes (suelos de clase C)

Riesgos Naturales. Debido a las altas medias se puede presentar afectaciones por la ocurrencia de eventos naturales con intensidad suficiente para causar u originar fuerzas dinámicas significativas, produciendo erosiones hídricas, deslizamientos y derrumbes. Por tal motivo se sugiere ubicar barreras vivas y siembras en hileras, siempre perpendiculares a la pendiente con la finalidad de formar terrazas naturales.

Hidrología. La principal fuente hídrica de abastecimiento para el consumo doméstico proviene de una fuente hídrica superficial de la comunidad “Chontal”. Existen afloramientos de aguas subterráneas, entre ellas “Metalillo”, “Gonshalo”, “Rifari”, “Sacima”, entre otras.

Calidad de Agua. Las aguas de la fuente hídrica para consumo doméstico son cristalinas durante los meses no lluviosos, es decir en tiempo de estiaje, mientras que durante los meses lluviosos hay turbiedad del agua.

Calidad del aire. Al encontrarse ubicado relativamente en una parte alta del valle del río Mayo rodeado de vegetación anual observamos la presencia de aire frío y limpio, con movimientos de masas de aire frío, o sea los vientos con más frecuencias antes de las lluvias.

B. Medio Biológico

Descripción general del área de estudio. El área de estudio se ubica en la ecorregión de la selva alta, sobre los 800 msnm, en una zona con laderas sobre las que se desarrolla una vegetación densa tupida de herbáceas y arbustos. En forma paralela a esta franja y en la parte más baja del área de estudio discurre el río Mayo con una vegetación ribereña y presencia de centros poblados.

Descripción de la Zona de Vida. El área que conforman los sectores se ubica dentro de la zona de vida del sistema de Holdridge del Bosque Húmedo –Premontano Tropical (bh-PT), lo cual se ubica en la región latitudinal tropical del país.

Línea de base del componente de la Flora. Esta información permite la elaboración de una lista de la composición florística del área de estudio.

Composición florística. Las familias presentes con mayor diversificación de especies se citan a Fabaceae (Leguminosas), Poaceae (Gramíneas), Lauraceae (Paltos y moenas), Rubiaceae.

Línea de base del componente de la fauna.

Lista de especies amenazadas de la fauna. En el área del proyecto no se registraron especies de aves y mamíferos que están consideradas bajo la categoría de conservación nacional, según la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre del Perú.

Preocupación Menor. Después de realizado la evaluación observamos que no existen especies que se consideran en las categorías de En Peligro, Vulnerable o casi Amenazado.

Endemismo. Según las muestras encontradas en campo no se registran ninguna especie de ave endémica del Perú, ya sea en las zonas intervenidas, como en las áreas silvestres alrededor de los sectores de evaluación.

Aprovechamiento. En función al grupo de las aves observadas y registrados mediante comunicaciones directas con las personas, indicaron que no existe el aprovechamiento por parte de los pobladores locales, aunque existen algunas perdices, entre ellas “Manacaraco” (*Ortalis guttata*), “Perdíz” *Crypturellus* sp, “Sui-Sui” (*Traupis* sp), “Pipite” o “Víctor Díaz” (*Pytangus sulfuratus* Linn.), “Paloma” (*Columba* sp), “Gorrión” (*Zenaida* sp) además algunos pericos y loros, entre otras aves.

C. Medio biológico.

Descripción general del área de estudio

Composición florística. Está asociado con plantaciones de “Cacao” (*Teobroma cacao* Linn.), “Palto” (*Persea americana* Linn.). Y dentro del cafetal existen plantas de “Guaba” (*Inga feullei* Linn.), entre las especies arbustivas están algunas plantas de “Mullaca”, “Guitite” (*Acnistus arborescens* Linn.), están algunos árboles maderables entre ellos “Capirona” (*Calycophillum spruceanum* Linn.), “Cedro colorado” (*Cedrela odorata* Linn.), “Guayaba” (*Psidium guajaba* Linn.), “Indano” (*Byrsonima* sp) entre otras especies. No hay bosques naturales.

En este lugar están las especies florísticas. *Trema michranta* Linn. “Atadijo”. Familia Ulmaceae, Orden Rosales; *Cecropia cetico* Linn. “Cetico”, “Huarumbo”, Familia Urticaceae. Orden Rosales; *Vernonia patens* Kunth. “Ocuera”, Familia Asteraceae, Orden Asterales; *Heliocarpus appendiculatus*. “Llausea quiro”, Familia Malvaceae, Orden Malvales; *Ficus* sp “Ojé”. Familia Euphorbiaceae; *Piper aduncum* “Matico”. Familia Piperaceae; *Mauritia flexuosa* “Aguaje”. Familia Arecaceae. Orden Arecales; *Attalea murei* “Shapaja”, “Polo punta”. Familia Arecaceae. Orden Arecales.

3.5 Discusión de resultados

Mora, & Fátima E., (2011) en un experimento similar encontraron que los lodos residuales poseen cantidades bajas de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y altas en micronutrientes (Zn, B, Cu, Fe y Mn), por este motivo existe ciertas limitaciones

en cuanto al crecimiento de las plantas, por tal motivo se vio reflejada en aspectos de composición de las plantas tratadas.

Las riquezas nutricionales de lodos residuales generados en la planta de tratamiento de agua potable EMAPA San Martín - Lamas, también reportan cantidades bajas de N, P, K, Ca y Mg, con valores de 0.62, 0.024, 0.27, 0.42 y 0.20 %.

Torres, Hernández y Paredes (2012) concluyen que en la composición mineralógica de los lodos se encuentra arena, lo cual origina un sustrato adecuado para la vida de las lombrices *Eisenia foetida* y entre las distintas estaciones del año hay variación.

De igual manera en la producción de Lombriz roja, a mayor período de tiempo los tratamientos dos (T2) y cuatro (T4) presentaron el mayor número de lombrices, es decir al mezclar los lodos con estiércol presentan mejores condiciones aceptables en la alimentación de las lombrices.

En cuanto a costos en la producción de humus es más conveniente el Tratamiento dos (T2), es decir producir humus óptimo, a partir del aprovechamiento eficaz que tendrán los lodos residuales a partir de la cosecha del compost se obtiene al mezclar lodos más estiércol, lo cual supera a T4 que requiere una mezcla de lodos más estiércol más forraje, lo cual coincide con otros resultados en similares condiciones.

CONCLUSIONES

- En cuanto a la riqueza nutricional los lodos residuales contienen $N = 0.62 \%$, $P = 0.24 \%$, $K = 0.27 \%$, $Ca = 0.42 \%$, $Mg = 0.2 \%$, $M.O. = 29.403$. Con un $pH = 6.903$ en valores promedio.
- La extracción de lodos para la preparación de 50 sacos de compost, presenta el costo de producción de 127.25 soles; y considerando el 50% de margen de utilidad el precio de venta es de 4 soles por cada saco de 50 kilos.
- El humus proveniente de los lodos residuales presenta una rápida degradación y contiene 29.403 %, un alto porcentaje de materia orgánica.
- La mayor producción de “Lombriz roja” obtuvimos a los 120 días, en los tratamientos T2 y T4, mientras que el mayor peso de humus fue en el tratamiento cuatro (T4) alcanzando el peso de 14.3 Kilos por tratamiento.
- En el análisis económico la relación beneficio-costos se ubica en 1.66, generando un ingreso de 0.66 por cada sol invertido.
- Finalmente manifestamos según los resultados obtenidos queda demostrado la hipótesis alternativa (H1), Aprovechar de manera eficiente los lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable EMAPA – San Martín, mediante la técnica del lombricompostaje.

RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones ambientales en que se llevó a cabo el experimento, se recomienda lo siguiente:

- A los tesisistas e investigadores hacer una réplica del presente experimento en otras localidades.
- A estudiantes y docentes investigadores realizar experimentos demostrativos utilizando la mezcla de lodos residuales de plantas de agua potable, combinados con otros estiércoles distintos a las excretas de ganado vacuno.
- A los investigadores en cultivos orgánicos, demostrar el efecto del humus obtenido a partir de lodos residuales combinados con estiércol, en distintos cultivos agrícolas, principalmente en especies hortícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEX. (2002). *Guía de lombricultura, Lombricultura una alternativa de producción, para emprendedores y productores del agro.* Agencia de desarrollo económico y comercio exterior, Municipio Capital de la Rioja.

AGUASISTEC. (s.f.). *Planta de Tratamiento de Agua.* Tratamiento de agua. Lima, Perú.

BARRENECHEA A. (2004). *Coagulación.* Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS/PUB/04.10 2004.

BOLLO E.T. (2001). *Lombricultura, una alternativa de reciclaje.* Quito, Ecuador.

CRISTALES, O. (1997). “*Sistema de crianza de lombriz de tierra, Alternativas de uso para el manejo de desechos sólidos*” El Salvador

FERRUZZI C. (1994). *Manual de lombricultura.* Ed. 3ra. ed. Mundi, Prensa, Madrid, España.

HINKELMANN K. (1994) “Diseño y Análisis de Experimentos” Volumen I. Michigan.

LABRADOR, J. (1996). “*La materia orgánica en los agrosistemas*”. P.115-124. Madrid, España

LEÓN, S. (1992). *Cultivo de lombrices (Eisenia foetida) utilizando compost y excretas animales.* *Agronomía costarricense.* Costa Rica, 16 (1): 23-28.

ROMERO V., R., y ZÚNICA R. L.R. (2005). *Métodos estadísticos en ingeniería.* Departamento de estadística e investigación operativa aplicada y calidad. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.

RÖBEN, E. (2002). Manual de Compostaje para Municipios. Loja, Ecuador.

MARTÍNEZ C. 1996. *Potencial de la lombricultura,* 140 p. Elementos básicos para su desarrollo. Texcoco, México.

MORA, & FÁTIMA E., (2011) en su tesis “*Utilización de los lodos generados en el proceso de potabilización del agua de la planta de tratamiento “Casigana”, como aditivo para suelos de cultivo*”, Trabajo de investigación (Graduación), modalidad Trabajo

Estructurado de Manera Independiente (TEMI), previo a la Obtención del título de Ingeniera Bioquímica, Ambato, Ecuador.

NIH. (s.f.). *Diccionario. Instituto Nacional del Cáncer.* Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU. Florida. EE.UU.

NÚÑEZ Zarur, J. R., & Peña Castro, M. (2011). *Recuperación de sulfato de aluminio a partir de lodos generados en la planta de potabilización de la empresa Aguas de Cartagena S.A E.S.P y estudio de la viabilidad económica de su reutilización como coagulante.* Tesis de grado: Universidad de Cartagena, Cartagena D, T y C.

PANIZZA, A., Aldama, A.; Chacalo, A.; Vaca, M.; Grabinsky, J.; Márquez, C., y Durán, C. (2008). “*Evaluación del compost elaborado a partir de lodos con alto contenido de sulfato de aluminio*”. México.

PINEDA, J. (2006). *Dinámica poblacional de la lombriz (Eisenia foetida) en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino.* Lombricultura/UAP-PASOLAC-Honduras Feliciano paz, /Tegucigalpa, Honduras. REDVET, 1695-7504, 2007/ / Revista electrónica

SANDOVAL L., Flores L. M., Montellandos L., Morán M. A., Rubi R., Sánchez L. O., Santana M. L., Vásquez S., Martín A. (1998). “*Tratabilidad de los Lodos Producidos en la Coagulación de Aluminio en la Potabilización del Agua, Seminario Regional Bienal sobre la potabilización*”. Jiutepec, Morelos, México.

SABINE J. (1983). “*Eartworms as source of food and drucs*”. London

TORRES, P., Hernández, D. y Paredes D. (2012) en su tesis “*Uso productivo de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la fabricación de ladrillos cerámicos*”, Revista Ingeniería de Construcción Vol. 27 No3, Diciembre de 2012, Universidad del Valle. Colombia.

QUICENO, J. (1995); *Producción de humus y lombriz.* Corporación Colombiana, p. 26, Manizales, Colombia.

WERNER, M. (1990). “*Ecología de lombrices de tierra y agricultura sostenible.*” Centro para Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles, Universidad de California.

WORMS A. (1999). Lombricultura. Disponible en [http://www.com"lombricultura.html](http://www.com).

ANEXOS

Anexo A. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.

Tabla 35

Distribución del campo experimental

T4	T1	T2	T3
T3	T2	T4	T1
T2	T4	T1	T3

T1: Lodos residuales de la planta de tratamiento de agua potable

T2: Lodos residuales + estiércol

T3: Lodos + forraje

T4: Lodos + estiércol + forraje

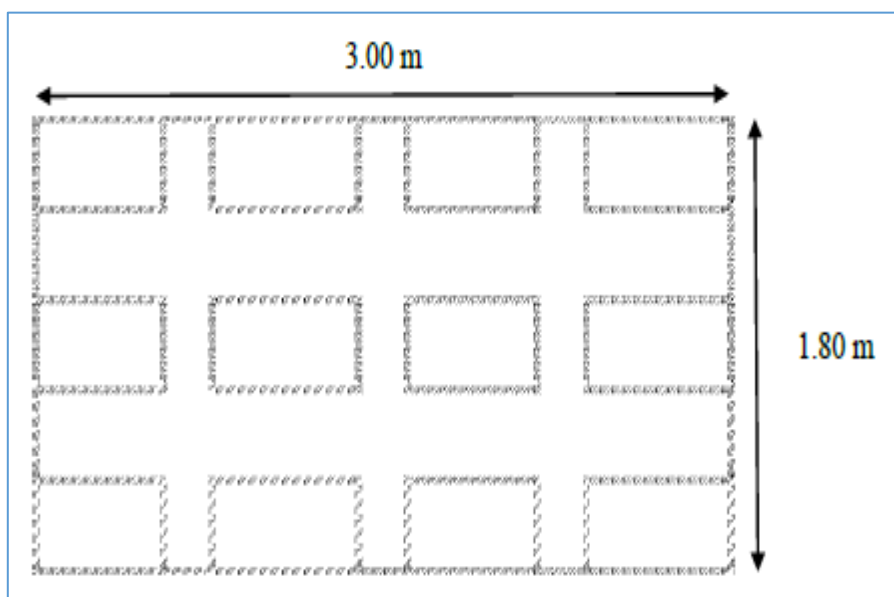


Figura 3. Mediciones del campo experimental.

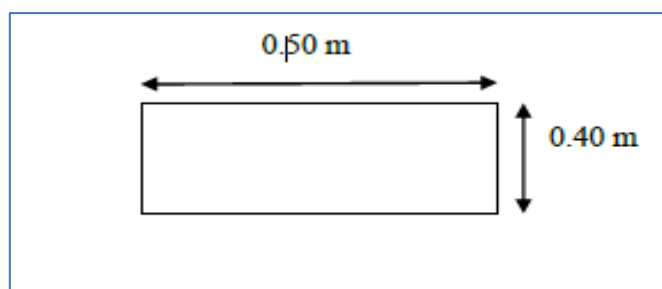


Figura 4. Mediciones de caja de muestreo.

Anexo B. Panel fotográficos.

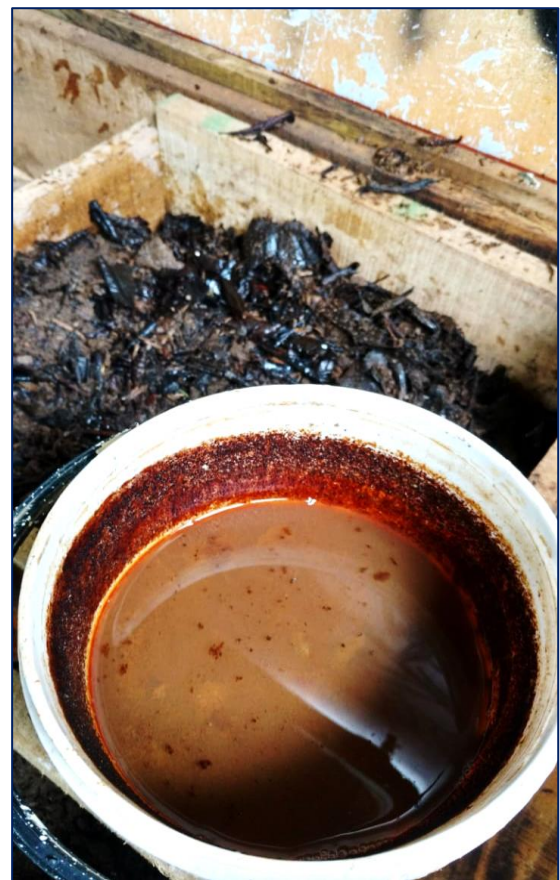
Fotografía 1. Vista de la planta de tratamiento



Fotografía 2. Campo experimental



Fotografía 3. Materia orgánica



Fotografía 4. Lodos residuales



Fotografía 5. Elección de lombrices



Fotografía 6. Aplicación de lombrices a los tratamientos



Fotografía 7. Pesado de materiales e insumos



Fotografía 8. Control de parametros en los tratamientos



Fotografía 9. Medicion de pH y Temperatura



Fotografía 10. Zarandeo de las muestras



Fotografía 11. Pesada del humus y registro de datos



Fotografía 12. Verificación de lombrices

Anexo D. Resultados de análisis de laboratorio



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOP1 N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

N° SOLICITUD : AFER0009-18
 SOLICITANTE : CARLES GUILLERMO MARQUEZ REATEGUI
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - LAMAS
 TIPO DE FERTILIZANTE : HUMUS

FECHA DE MUESTREO : 30/08/2018
 FECHA DE RECEP. LAB : 10/12/2018
 FECHA DE REPORTE : 24/12/2018

ITEM	Número de Muestra		pH	C.E. dS/m	N %	P %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	M.O %	Aluminio %
	Laboratorio	Campo									
01	18	12 0018	7.34	3.23	0.64	0.22	0.33	0.34	0.22	23.50	<0.01
02	18	12 0019	7.04	3.67	1.22	0.15	0.42	0.23	0.18	23.91	<0.01
03	18	12 0020	6.48	3.53	0.37	0.43	0.14	0.76	0.23	43.50	<0.01
04	18	12 0021	6.75	2.93	0.23	0.15	0.19	0.36	0.17	26.70	<0.01

METODOLOGIA:	
pH	: Potenciometro (1.2.5)
CONDUC. ELECTRICA	: Conductimetro (1.2.5)
NITROGENO	: Norma Técnica Peruana 311 011 2014
FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, AZUFRE, SODIO, HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO, BORO, ALUMINIO	: Norma Técnica Peruana 311 557 2013
MATERIA SECA	: Norma Técnica Peruana 311 525 2011

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra de la presente reporta.

La Banda de Shilcayo, 24 de Diciembre del 2018

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TAMBAYTO, PERU

 Enrique Alvarado Gardiat, Ph. D
 COORDINADOR GENERAL