

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas
residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la
Compañía Minera Chungar – 2019**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor: Bach. Andrea Antone AGUERO CRUZ

Asesor: Mg. Lucio ROJAS VITOR

Cerro de Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**Tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas
residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la
Compañía Minera Chungar – 2019**

Sustentada y Aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN
PRESIDENTE

Mg. Luis Alberto PACHECHO PEÑA
MIEMBRO

Ing. Anderson MARCELO MANRIQUE
MIEMBRO

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él he logrado cumplir esta meta profesional en mi vida.

A mis padres Melgar y Soledad, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona y profesional.

RECONOCIMIENTO

A la Compañía Minera Chungar S.A.C. por su apoyo en la presente investigación.

RESUMEN

Los lodos se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido (más de un 95% de agua). Su composición es variable y depende de la carga de contaminación del agua residual inicial y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales. Los tratamientos del agua concentran la contaminación presente en el agua, y, por tanto, los lodos contienen amplia diversidad de materias suspendidas o disueltas. Algunas de ellas con valor agronómico (materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y en menor cantidad calcio (Ca), magnesio (Mg) y otros micronutrientes esenciales para las plantas) y otras con potencial contaminante como los metales pesados, entre ellos cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), los patógenos, y los contaminantes orgánicos. Este lodo es inestable y si es desechado en estas características se considera un contaminante. Por lo tanto, en el ambiente genera olores, impactaría suelo y agua.

El objetivo de la presente investigación es determinar si es posible tratar los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar.

Por un lapso de 8 semanas se pudo determinar que la calidad de los lodos mejoró, bajando en sus niveles de impurezas como son el nitrógeno amoniacal, nitritos y sulfatos, ya que por experiencias los Nitritos y Sulfatos podrían afectar a la tierra donde se dosificará, ya que éstas generarían acidez y alteración de la cadena de los seres vivos.

Palabras clave: Lodos, nitrógeno amoniacal, nitritos, sulfatos, impacto suelo y agua.

ABSTRACT

The sludge is characterized by being an extremely liquid waste (more than 95% water). Its composition is variable and depends on the pollution load of the initial wastewater and the technical characteristics of the treatments carried out in the wastewater. Water treatments concentrate the contamination present in the water, and therefore, the sludge contains a wide variety of suspended or dissolved materials. Some of them with agronomic value (organic matter, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) and in a smaller amount calcium (Ca), magnesium (Mg) and other essential micronutrients for plants) and others with polluting potential such as heavy metals, including cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), nickel (Ni), lead (Pb) and zinc (Zn), pathogens, and organic pollutants. This mud is unstable and if it is discarded in these characteristics it is considered a contaminant. Therefore, in the environment, it generates odors; it would impact soil and water.

The objective of the present investigation is to determine if it is possible to treat the sludge generated in the domestic wastewater treatment plant with the application of vermiculture in the Chungar Mining Company.

For a period of 8 weeks it was determined that the quality of the sludge improved, lowering in its impurity levels such as ammoniacal nitrogen, nitrites and sulfates, since by experience the Nitrites and Sulfates, these could affect the land where It will dose as these will generate acids and alteration of the chain of living beings.

Keywords: Sludge, ammoniacal nitrogen, nitrites, sulfates, soil and water impact.

INTRODUCCIÓN

Compañía Minera Chungar SAC, es titular de la Unidad Económica Administrativa “Animón” se encuentra ubicada aproximadamente a 40 km al Sur Oeste de la ciudad de Cerro de Pasco, en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, a unos 4620 msnm.

Por medio de la presente investigación buscamos generar conocimiento, ya que en nuestro país aún no se tiene o la información es poca, con respecto a la lombricultura de lodos deshidratados para mejorar el lodo que se genera en las plantas de tratamientos de aguas residuales.

La investigación tiene como referencia del antecedente relacionada a lo realizado por Mariana Trejos Vélez, Natalia Agudelo Cardona (2012) “Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa “Comestibles la Rosa” como alternativa para la generación de biosólidos. Colombia, donde menciona”. Los procesos productivos que se realizan en la Empresa Comestibles “La Rosa” dan como resultado la producción de lodos residuales que son recolectados y posteriormente transportados hasta el relleno sanitario La Glorita ubicado en el corregimiento de Combia Baja, a 14 kilómetros del casco urbano de la ciudad de Pereira. Los resultados del trabajo permitieron concluir, entre otras cosas que: la caracterización de la composición de los lodos residuales generados en el sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Comestibles “La Rosa” en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas arroja resultados positivos para la utilización del material como enmienda de suelos, por no contener ningún tipo de residuo peligroso que pueda llegar a afectar la salud humana o a alterar las propiedades físicas de los suelos; el uso de lodos residuales para la generación de un biosólido como enmienda de suelos cumple

con el decreto 4741 de 2005, el cual reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos y lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 de 2004 la cual ejerce control para los productos orgánicos usados como abonos y/o fertilizantes de enmiendas de suelos exigiendo límites permisibles de metales pesados y componentes químicos que puedan llegar a tener efectos indeseables sobre la salud y el medio ambiente; el comportamiento de las condiciones evaluadas, como temperatura, humedad, pH y oxigenación que se dan en las diferentes fases del proceso muestran que el compostaje de lodos es una opción efectiva para contribuir a la regeneración de suelos por su aplicación como enmienda y prevenir la contaminación de los suelos como una alternativa ante los fertilizantes químicos.

La Autora.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE IMÁGENES	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
ÍNDICE DE MAPAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y Determinación del Problema	1
1.2	Delimitación de la Investigación.....	3
1.3	Formulación del Problema.....	3
1.3.1	Problema Principal	3
1.3.2	Problemas Específicos.....	3
1.4	Formulación de Objetivos.....	4
1.4.1	Objetivo General.....	4
1.4.2	Objetivo Específico.....	4
1.5	Justificación de la Investigación	4
1.6	Limitaciones de la Investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de Estudio	6
2.2	Bases teóricas – Científicas.....	12
2.3	Definición de Términos Básicos	33
2.4	Formulación de Hipótesis	35
2.4.1	Hipótesis General	35
2.4.2	Hipótesis Específicas.....	35
2.5	Identificación de Variables	36
2.6	Definición Operacional de Variables e Indicadores	36

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	37
3.2. Métodos de Investigación	37
3.3. Diseño de la Investigación	37
3.4 Población y Muestra	37
3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	38
3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	38
3.7 Tratamiento Estadístico.....	45
3.8 Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación	46
3.9 Orientación Ética.....	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del Trabajo de Campo.....	47
4.2 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	50
4.3 Prueba de Hipótesis.....	59
4.4 Discusión de Resultados	59

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Fuentes de sólidos y de lodos en el tratamiento de aguas residuales.....	16
Tabla N° 2: Diferentes Coloración en la Planta y su Toma de decisiones	21
Tabla N° 3: Diferentes Coloración en la Planta y su Toma de decisiones	27
Tabla N° 4: Diferentes Coloración en la Planta y su Toma de decisiones	32
Tabla N° 5: Tabla N° 05: Dimensiones de las Cámaras de Experimentación.....	41
Tabla N° 6: Porcentajes de Dosis en la Cámara Experimental	42
Tabla N° 7: Selección de la validación.....	46
Tabla N° 8: Aspectos de evaluación	46
Tabla N° 9: Resultado Inicial y Final del Lodo Tratado	55

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Planta de tratamiento de aguas residuales –Campaña Minera Chungar .	39
Imagen N° 2: Extracción de Lodos con la Aplicación de Bombas de Lodos.....	40
Imagen N° 3: Cámaras de Experimentación.....	42
Imagen N° 4: Compra de Lombrices.....	43
Imagen N° 5: Adición de Lombrices.....	43
Imagen N° 6: Monitoreo de Parámetros	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Resultado de Temperatura.....	50
Gráfico N° 2: Resultado de % Humedad	52
Gráfico N° 3: Resultado de pH	53
Gráfico N° 4: Resultado Antes y Después de Nitrógeno Amoniacal en Lodos de Aguas Residuales Domesticas de Cía. Minera Chungar.	55
Gráfico N° 5: Resultado Antes y Después de Nitritos en Lodos de Aguas Residuales Domésticas de Cía. Minera Chungar.....	56
Gráfico N° 6: Resultado Antes y Después de Fosfatos en Lodos de Aguas Residuales Domésticas de Cía. Minera Chungar.....	56
Gráfico N° 7: Resultado Antes y Después de Sulfatos en Lodos de Aguas Residuales Domésticas de Cía. Minera Chungar.....	57

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: Ubicación de la Zona de Estudio en el Distrito de Huayllay	49
------------------------------------------------------------------------------------	----

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y Determinación del Problema

Debido al alto crecimiento de la población, ligado directamente al crecimiento de las áreas urbanas y rurales, la disposición del agua residual doméstica e industrial se ha convertido en los últimos años en un problema serio, que ha repercutido directamente en el medio ambiente, ocasionando problemas graves de contaminación, especialmente en países como el nuestro en vías de desarrollo.

El agua residual es normalmente vertida a cuerpos de agua, sin recibir un adecuado tratamiento.

En la actualidad dichos cuerpos de agua, principalmente ríos han reducido notablemente su capacidad de dilución debido a muchos factores, relacionados principalmente con la carencia del recurso hídrico "agua". A fines del siglo XIX, surgió la necesidad de un tratamiento sistemático del agua residual debido a la concentración de la población en las áreas urbanas lo cual causa problemas en la salud pública, debido a la contaminación del agua de abastecimiento, produciendo

enfermedades, malos olores y otros inconvenientes. En la región de América Latina y el Caribe, el 49 % de la población tiene servicio de alcantarillado, colectándose diariamente 40 millones de metros cúbicos de agua residual que se vierten a ríos, lagos y mares. Si hasta el año 2016 se lograra ampliar el acceso a este servicio básico al 90 % de la población, se estarían arrojando más de 100 millones de metros cúbicos de agua residual que agravarían aún más el cuadro de contaminación¹.

Y si en caso el agua residual sea tratado se genera residuos, producto del tratamiento de aguas residuales domésticas se generan lodos. Los lodos producidos en el tratamiento de aguas residuales dependen del tipo de planta de tratamiento y de la operación de ésta. En una planta de aguas residuales domésticas, los lodos se generan principalmente en las etapas de tratamiento primario y tratamiento secundario.

Los lodos se caracterizan por ser un residuo extremadamente líquido (más de un 95% de agua). Su composición es variable y depende de la carga de contaminación del agua residual inicial y de las características técnicas de los tratamientos llevados a cabo en las aguas residuales. Los tratamientos del agua concentran la contaminación presente en el agua, y, por tanto, los lodos contienen amplia diversidad de materias suspendidas o disueltas. Algunas de ellas con valor agronómico (materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y en menor cantidad calcio (Ca), magnesio (Mg) y otros micronutrientes esenciales para las plantas) y otras con potencial contaminante como los metales pesados, entre ellos cadmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), los patógenos, y los contaminantes orgánicos.

¹ Rodrigo A. López Hernández (2015). planta de tratamiento de aguas residuales para rehúso en riego de parques y jardines en el distrito de la esperanza, provincia Trujillo. La Libertad.”

Este lodo es inestable y si es desechado en estas características se considera un contaminante. Por lo tanto, en el ambiente genera olores, impactaría suelo y agua. Para lo cual la propuesta de la investigación es dar un planteamiento a la Compañía Minera Chungar, a fin de ser utilizado este lodo como abono y asimismo evitar impactar al suelo, agua y evitar la generación de olores desagradables.

1.2 Delimitación de la Investigación

La delimitación de la investigación está involucrado a la Compañía Minera Chungar, donde producto a sus actividades de tratamiento de aguas residuales domésticas generan lodos.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema Principal

¿Se podrá tratar los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar - 2019?

1.3.2 Problemas Específicos

¿Cuáles son los requisitos para la estabilización de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar - 2019?

¿Qué tipo de impurezas se tiene en los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar -2019?

¿La lombricultura como tratamiento para estabilizar lodos residuales reduciendo patógenos es efectiva?

1.4 Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar si es posible tratar los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar - 2019.

1.4.2 Objetivo Específico

Determinar los requisitos para la estabilización de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar - 2019.

Determinar los tipos de impurezas se tiene en los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar - 2019.

Evaluar si la lombricultura como tratamiento para estabilizar lodos residuales reduciendo patógenos es efectiva.

1.5 Justificación de la Investigación

1.5.1. Justificación Teórica

La presente investigación ayudara a ver otras alternativas con menor costo y ambientalmente natural para el tratamiento de lodos residuales.

1.5.2. Justificación Metodológica

La presente investigación ayudará a tomar medidas de prevención a la Compañía Minera Chungar a fin de no tener problemas sociales con las poblaciones aledañas.

1.5.3. Justificación Ambiental

La presente investigación ayudara a ver otras alternativas con menor costo y ambientalmente natural para el tratamiento de lodos residuales.

1.5.4. Justificación Social

La presente investigación ayudará a tomar medidas de prevención a la Compañía Minera Chungar a fin de no tener problemas sociales con las poblaciones aledañas.

1.6 Limitaciones de la Investigación

En el Perú aún se tiene poca información con respecto al lombricompostaje de lodos deshidratados para el tratamiento de agua residuales domésticas.

La adaptación de la lombriz a ambientes diferentes de su habitad natural.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio

Para la presente investigación tenemos 2 antecedentes nacionales y 2 antecedentes internacionales donde se detalla a continuación:

2.1.1. Francisco Atencio, Jenny; Ramos Matías, Pedro; Aguirre Yato,

Guillermoc (2011). Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra – Lima.

Se llevaron a cabo a nivel de invernadero y en macetas, ensayos preliminares de fertilización en diferentes dosis de lodo procedente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR - Puente Piedra, Lima – Perú, con el objetivo de determinar su aprovechamiento agrícola. Se aplicó el diseño estadístico completamente al azar DCA, y el método estadístico de la varianza – ANVA y el Test de Tukey ($P \leq 0,05$) para el análisis de las variables agronómicas de emergencia de la plántula (s), altura (H), grosor del tallo (D) y materia seca (F_r) de la planta indicadora de maíz (*Zea mays* L.). El ensayo N° 1, contenía dosis de lodo seco 0, 2, 4, 6, 8 y 10 %,

mezclado con arena lavada, y el ensayo N° 2 contenía dosis de lodo compostado de 0, 25, 50, 75 y 100 %. En ambos casos se usó un fertilizante inorgánico, control NPK 300-400-200 (en partes por millón, ppm). Los resultados estadísticos mostraron diferencias altamente significativas de las variables a mayores dosis de lodo seco o lodo compostado respectivamente. En tanto, el porcentaje de emergencia de la plántula en los tratamientos mostró pérdida significativa en ambos ensayos, que fue atribuido a una ligeramente alta salinidad del lodo, que generalmente inhibe el crecimiento de las plantas, y la lenta mineralización del lodo que afecta la absorción de nutrientes.

Ninguna de las concentraciones de los elementos As, Hg, Pb, Cd y Cr, en el lodo, en el suelo antes y después de la fertilización, y en la planta de maíz excedieron los valores límites exigidos por las normas de aplicación agrícola del lodo – USEPA 40 CFR Part 503, a excepción del Pb y Cr al final de la fertilización en ambos ensayos, aunque sin producir toxicidad a la planta. Estos valores fueron evaluados estadísticamente a través de la media y la desviación estándar, aplicando la técnica Univariate del Statistical Analysis System Software - SAS vs 8.

El estudio demostró que el lodo seco y el lodo compostado pueden ser beneficiosamente aprovechados a bajas tasas para producir bioabono, proporcionando una solución a largo plazo sostenible de la gestión de la disposición final de los residuos sólidos.

2.1.1.1. José Edgardo Acuña Marrufo, Br. Jean Jhonatan Reyes Sánchez (2017)

Eficiencia de *Lumbricus Terrestris* y *Eisenia Foetida* en el Tratamiento de las Aguas Residuales en la Ciudad de Bagua-Amazonas, 2015. Amazonas, Perú.

En la presente investigación se determinó la eficiencia de la lombriz de tierra (*Lumbricus Terrestris*) y la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*) en el tratamiento de las aguas residuales a condiciones ambientales de la ciudad de Bagua. Se aplicó la adaptación de las dos especies durante un periodo de siete días, luego se inocularon al sistema de biofiltro conformado por dos estanques con capas inertes (bolones, grava, aserrín, tierra y compost) y organismos vivos (lombriz de tierra, roja californiana y microorganismos presentes en el sustrato) y un tanque de almacenamiento (aguas residuales), flujo continuo. Se depositó el agua residual en un tanque de almacenamiento alimentado por un tiempo de seis días para luego pasar a los estanques de vidrio con *Lumbricus Terrestris* y *Eisenia Foetida*. Para determinar la eficiencia de remoción de las especies, se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos. Obteniendo los resultados que la especie *Eisenia Foetida* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Bagua, con un porcentaje promedio de remoción de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 73% mientras que *Lumbricus Terrestris* obtuvo un promedio de remoción del 63%.

2.1.1.2. Mariana Trejos Vélez, Natalia Agudelo Cardona (2012) Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa “Comestibles la Rosa” como alternativa para la generación de biosólidos. Colombia.

Los procesos productivos que se realizan en la Empresa Comestibles “La Rosa” dan como resultado la producción de lodos residuales que son recolectados y posteriormente transportados hasta el relleno sanitario La Glorita ubicado en el corregimiento de Combia Baja, a 14 kilómetros del casco urbano de la ciudad de Pereira. En el presente trabajo se hace un análisis de los lodos provenientes de la planta de tratamientos residuales para encontrar, a partir de los resultados, estrategias que permitan darles un manejo ecológico a la vez que se beneficia económicamente a la empresa no solo por la disminución de costos sino también por la agregación de valor a los residuos derivada de su transformación en abono orgánico por medio de un proceso de lombricultura. Para la elaboración del proyecto se contó con la decidida participación de la empresa Comestibles La Rosa y con el apoyo tecnológico de los laboratorios Doctor Calderón Labs, Análisis Ambiental Ltda. y Agrolab. Los análisis de laboratorio mostraron que los lodos residuales tienen las condiciones necesarias y adecuadas para servir de sustrato para alimentar un cultivo de lombrices. Éstas, a su vez, participan en la transformación de los lodos en abono orgánico de excelente calidad que puede ser comercializado en diferentes empresas del sector agrícola. El manejo de un lombricultivo es relativamente sencillo, como se muestra en la fundamentación teórica del proyecto. La sencillez está relacionada de manera indirecta con la cantidad de beneficios que se

obtienen ya que éstos pasan por lo social ambiental y por lo económico sin tener efecto negativo alguno. Además, el espacio disponible requerido, así como los cuidados, son mínimos. Los resultados del trabajo permitieron concluir, entre otras cosas que: la caracterización de la composición de los lodos residuales generados en el sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Comestibles “La Rosa” en sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas arroja resultados positivos para la utilización del material como enmienda de suelos, por no contener ningún tipo de residuo peligroso que pueda llegar a afectar la salud humana o a alterar las propiedades físicas de los suelos; el uso de lodos residuales para la generación de un biosólido como enmienda de suelos cumple con el decreto 4741 de 2005, el cual reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos y lo estipulado en la Norma técnica Colombiana NTC 5167 de 2004 la cual ejerce control para los productos orgánicos usados como abonos y/o fertilizantes de enmiendas de suelos exigiendo límites permisibles de metales pesados y componentes químicos que puedan llegar a tener efectos indeseables sobre la salud y el medio ambiente; el comportamiento de las condiciones evaluadas, como temperatura, humedad, pH y oxigenación que se dan en las diferentes fases del proceso muestran que el compostaje de lodos es una opción efectiva para contribuir a la regeneración de suelos por su aplicación como enmienda y prevenir la contaminación de los suelos como una alternativa ante los fertilizantes químicos.

2.1.1.3. Estefanía Caridad Avilés Sacoto (2011). Determinación de la efectividad del proceso de Lombricultura como tratamiento para la estabilización de Lodos Residuales provenientes de una Planta de Tratamiento de Aguas.” Ecuador.

Debido a los problemas generados por el manejo y disposición de los residuos producto del tratamiento de las aguas residuales (lodos), se opta por enviarlos al relleno sanitario sin aprovechar su potencial ya sea en el campo energético o agrícola.

El objetivo de esta tesis fue llevar a cabo la instalación de un sistema de vermiestabilización a escala piloto para tratar los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de Industrias Guapán con el propósito de estabilizarlos reduciendo los patógenos (coliformes fecales y huevos de helminto viables) que tienen, logrando producir un biosólido libre de estos con buena calidad agronómica por medio de la vermiestabilización.

Para el tratamiento de estos residuos se instaló un sistema de vermiestabilización que incluye 12 lechos para lombrices. El sistema fue alimentado con materia orgánica, estiércol y lodo residual en distintas proporciones obteniéndose así cuatro tratamientos diversos.

Se tomaron muestras del humus producido para conocer sus características bacteriológicas y fisicoquímicas y se obtuvo una reducción altamente significativa en coliformes fecales y huevos de helminto viables, sin existir significancia al variar las proporciones de los materiales con los cuales el sistema de vermiestabilización fue alimentado.

El lodo ha sido completamente estabilizado y en el momento de la aplicación en el suelo no va a provocar problemas de contaminación biológica con riesgo para plantas, animales y el hombre. La calidad microbiológica del humus es de un biosólido de tipo A según la US-EPA CFR 40, Parte 503, para uso no restringido en aplicaciones agrícolas. El humus presenta un alto contenido de materia orgánica y un contenido de nutrimentos adecuado.

Es posible mejorar las condiciones de manejo de lodos residuales mediante la vermiestabilización.

2.2 Bases teóricas – Científicas

2.2.1 La lombriz de tierra

Las lombrices son animales que no poseen esqueleto (invertebrados) del tipo anélidos. Tienen un sistema muscular muy desarrollado lo que les facilita el movimiento. No tienen ojos, pero sí células especiales en todo el cuerpo sensibles a la luz solar. Casi a un cuarto de longitud desde la cabeza presentan un anillo llamado clitelum que ayuda en el proceso de reproducción ya que, al efectuarse la cópula, este produce una sustancia mucosa que se forma envolviendo a los dos animales acopiando (Avilés, 2011).

Se conocen más de ocho mil especies diferentes de lombrices, de las cuales solo dos mil quinientas han sido clasificadas y solo tres domesticadas. Vive exclusivamente en la tierra y se alimenta de la materia orgánica (basura y desechos que provienen de otros seres vivos) descompuesta presente en los suelos.

La lombriz de tierra tiene una longitud de 12 a 20 centímetros. Habita preferentemente en terrenos con un contenido de humedad que oscila alrededor del 40% y cuya temperatura es de 10 a 12 grados centígrados. Estas exigencias de hábitat la incitan a vivir en galerías cuya profundidad puede superar los dos metros, ya que la mayor o menor profundidad en donde se desenvuelve depende de las condiciones del ambiente exterior.

La especie *L. Terrestris* tiene una vida media de unos cuatro años. Durante el tiempo frío queda aletargada, reiniciando su actividad cuando llega la estación templada. Es poco prolífica. Deposita sus deyecciones sobre la superficie del terreno, con lo cual una parte de ellas puede ser dispersada por el viento y por el agua de lluvia o de riego. La lombriz de tierra no es apta para explotarla en cautividad. Su rendimiento en humus y en carne de lombriz es muy escaso, debido a su poca prolificidad. Además, requiere unas instalaciones muy costosas, pues este animal tiene una tendencia natural a abandonar el lugar en donde inicialmente ha sido instalado (Fuentes, 2008).

2.2.2 La lombriz Roja Californiana

La lombriz de tierra del género *E. Foetida* es la más utilizada, su empleo se extiende a más del 80% de los criaderos del mundo (Avilés, 2011).

Este animal tiene un cuerpo alargado cilíndrico, el cual se adelgaza en sus extremos, formado por 94 a 96 anillos donde cada uno tiene una función específica. Son invertebrados que se mueven por contracción de sus anillos y músculos. Las lombrices recién nacidas, cuyo número oscila entre 2 a 21 ejemplares, son de color blanco, se vuelven rosadas a los 5 o 6 días y se convierten definitivamente a rojo oscuro de los 15 a 20 días; al nacer miden

1 mm. y cuando es adulta 6 a 8 cm; su diámetro oscila entre 3 a 5 mm. y tiene un peso que oscila entre 0,4 y 0,6 gramos, aunque en estado adulto pueden alcanzar 1 gramo (Salazar, 2005).

2.2.3 Lodos activados

Los lodos activados son procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, que, al pasar por procesos primarios y secundarios, el material biosólido final se encuentra estabilizado y con contenido abundante de materia orgánica. Dependiendo del tipo de agua a tratarse en la planta y del tipo de tratamiento, los lodos obtenidos pueden presentar diferentes características en su composición química. Es necesario dar un tratamiento previo a los lodos activados para ser empleados como compost, debido a la existencia de patógenos y al desequilibrio de macro y micronutrientes que pueda contener.

2.2.4 Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Las plantas de tratamiento de aguas residuales contribuyen a la conservación del medio acuático circundante mediante la eliminación de contaminantes de aguas residuales, de los efluentes industriales y domésticos, analizando la cantidad y calidad de agua de entrada y salida. Sin embargo, las P.T.A.R. presentan impactos al medio ambiente durante su periodo de funcionamiento, debido al consumo de energía, uso de productos químicos, la generación de lodos, gas y emisiones, entre otros. En general, las aguas residuales consisten de dos elementos, un efluente líquido y un componente sólido, que es el lodo generado. Existen dos formas generales de tratar las aguas residuales. Una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques,

permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo. Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes. El segundo método más común consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica. Este método, conocido como tratamiento de lodos activados, requiere el abastecimiento de oxígeno a los microbios de las aguas residuales para realzar su metabolismo.

2.2.5 Producción y tratamiento de lodos en PTAR

Según Mahamud, la producción de lodos en el tratamiento de aguas residuales es normal y necesaria ya que en el proceso de depuración (decantación primaria) es inevitable su generación. Mahamud los define como cualquier sólido, semi-sólido o líquido de desecho generado por una planta municipal, comercial o industrial de tratamiento de aguas residuales, de aguas de consumo o instalaciones de control de la contaminación atmosférica u otra clase de desechos de similares características y efectos. Las aguas residuales contienen una diversidad amplia de contaminantes, el tratamiento de estas aguas genera como subproducto lodos cuyas características dependen principalmente de su origen, su tiempo de retención en las etapas de la PTAR y el tipo de tratamiento que han recibido. La estabilización de lodos es un proceso que tiene las ventajas de reducir la masa y volumen de éstos, facilitar el desaguado y reducir los organismos patógenos, olores y atracción de vectores.

Unidad	Tipo de sólido o de lodo	Observaciones
Cribado	Sólidos gruesos	Los sólidos retenidos por la criba son removidos manual o mecánicamente
Desarenadores	Arena y espuma	A menudo, se omite la remoción de espuma en desarenadores
Preaireación	Arena y espuma	A menudo, se omite la remoción de espuma en la preaireación. Puede ocurrir sedimentación de arena si no existen desarenadores antes de la preaireación
Sedimentación primaria	Lodo y espuma primarios	La cantidad depende del tipo de agua residual afluente
Tratamiento biológico	Sólidos suspendidos	Los sólidos suspendidos son el resultado de la síntesis biológica de la materia orgánica
Sedimentación secundaria	Lodo y espuma secundarios	La remoción de espuma es requisito exigido por la USEPA*
Tratamiento de lodos	Lodo, compost, cenizas	El lodo obtenido depende de su origen y del proceso usado en su tratamiento

Tabla N° 1: Fuentes de sólidos y de lodos en el tratamiento de aguas residuales.

Como se puede observar en la tabla N° 01 los lodos que se producen en los procesos de tratamiento de aguas residuales son principalmente los siguientes:

Lodo primario proveniente de la sedimentación.

Lodo secundario proveniente del tratamiento biológico.

Lodos digeridos provenientes de los dos procesos anteriores, separados o mezclados.

Lodos provenientes de la coagulación y sedimentación.

Lodos provenientes de plantas de desarenadores y rejillas.

Los lodos provenientes de las aguas residuales están compuestos especialmente por materia orgánica removida del agua residual, la cual eventualmente se descompone y causa los mismos efectos indeseables del agua residual cruda. Los contaminantes son eliminados de distintas formas, en gran medida por la absorción en el lodo generado en un tratamiento fisicoquímico o biológico. Este lodo dese ser sometido a un análisis para determinar su grado de peligrosidad y posteriormente ser estabilizado,

planeando alternativas para el manejo y disposición del mismo, evitando su putrefacción y atracción de vectores.

2.2.6 Aplicación de Lodo Residual

Se han propuesto varias alternativas para el aprovechamiento de los lodos residuales entre las cuales se destaca su uso para la generación de biogás, debido a que son altos en sólidos volátiles, indispensable para la generación de biogás. Es importante tener en cuenta que la generación de biogás como combustible, debe ser conveniente al tipo de actividad para la cual se va usar, la normativa e incluso a la sociedad.

Los biosólidos también pueden reciclarse y ser aplicados como fertilizante para mejorar y mantener suelos productivos y estimular el crecimiento de las plantas, de esta manera aportan nutrientes a los cultivos o cualquier tipo de vegetación cultivada, además en bosques, sitios de recuperación, sitios de contacto público (por ejemplo, parques, granjas de césped, camellones carreteros, campos de golf), céspedes y huertos familiares.

Los componentes del lodo residual presentan varios macronutrientes principalmente N y P, en la mayoría de los casos y dependiendo del origen de las aguas se identifican cantidades variables de micronutrientes como el boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). La proporción exacta de estos nutrientes no se encuentra bien equilibrada como la de un fertilizante formulado; pero los nutrientes en lodos de depuradora se pueden combinar con nutrientes de otros fertilizantes para proporcionar las cantidades adecuadas de nutrientes necesario para la producción de cultivos. Sin embargo, teniendo en cuenta el origen de los lodos es probable que contengan algún porcentaje de

contaminantes como metales, además de patógenos, por ello el lodo que se va usar en el suelo debe cumplir con algunos parámetros de calidad, evitando un mayor deterioro al suelo o al recurso hídrico.

2.2.7 Factores a considerar en el manejo de lombrices

2.2.7.1 Temperatura

La temperatura ideal para el buen desarrollo de la lombriz es de 25°C; en condiciones controladas, esta es fácil de mantener, sin embargo, cuando se trabaja al aire libre se debe tener un buen control, alcanzarla y mantenerla. La lombriz roja Californiana vive normalmente en zonas de clima templado, su temperatura corporal oscila entre 19°C y 20°C.

2.2.7.2 Acidez o pH

Al igual que la temperatura el pH es sumamente importante; lo ideal es que se encuentre entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede ocasionar serios problemas a la lombriz y llegar a ocasionar su muerte. El método más eficiente para medir el pH es utilizando la misma lombriz, ella indicará si el material está o no listo para poder vivir en él.

2.2.7.3 Humedad

Como se mencionó, la lombriz necesita de mucha humedad, ésta es requerida para que pueda moverse dentro de los desechos y facilitar la fragmentación de los mismos, así como para su respiración. La humedad recomendada es del orden de 75 a 80%. La lombriz Roja vive normalmente en humedades del 82%.

2.2.7.4 Luz

La especie *Eisenia foetida*, es fotofóbica, los rayos ultravioletas las puede matar en segundos. Por otro lado, el contacto directo del sol, aumenta la temperatura del medio, alcanzando temperaturas mortales para la lombriz.

2.2.7.5 Aireación

La aireación es indispensable para el correcto funcionamiento y desarrollo de la lombriz, si no se controla esta variable el consumo de alimento y la reproducción se reduce.

Debido a que la Lombriz Roja Californiana tolera amplios cambios de temperatura y humedad, permite que sean de fácil manejo y resistentes. Pero en su mayoría la bibliografía establece rangos óptimos para su reproducción y metabolismo, los cuales permiten que su humus sea de mejor calidad y que se garantice su reproducción.

2.2.8 Proceso del Tratamiento de Aguas Generadoras de Lodos

La planta está diseñada para tratar un caudal promedio de 90 m³/d, los equipos han sido seleccionados para trabajar a una altitud de 4610 msnm; a través del cual es posible resolver de una manera sencilla y eficaz, el problema de tratamiento de aguas residuales en pequeñas y medianas comunidades.

El proceso de lodos activados por aeración prolongada consiste en poner en contacto, durante un tiempo suficientemente largo, grandes cantidades de lodos activados con pequeñas cantidades de contaminación, de manera que se logre una depuración lo más completa posible del agua a tratar y se

favorezca la oxidación de las materias vivas generadas a partir de la DBO, hasta conseguir un fango residual que no presente ningún olor. En este proceso las bacterias degradan las aguas residuales por el uso de oxígeno, en forma similar como el fuego utiliza oxígeno para quemar la basura.

Etapas del Proceso

Básicamente, las plantas de tratamiento por aireación extendida pueden dividirse en los siguientes elementos:

Cámara de Ecuilización

Cámara de Aeración

Cámara de Sedimentación

Cámara de Desinfección

2.2.8.1 Cámara de Ecuilización

En el ingreso a la cámara de ecuilización, se encuentra una reja metálica tipo canastilla, con una separación de 20 a 30 mm, para retención de residuos sólidos gruesos, no tratables, como, por ejemplo: papel, bolsas, telas, restos de vegetales y frutos, etc.; los cuales deben ser retirados manualmente, debido a que también podrían generar problemas de obstrucción en las bombas sumergibles.

2.2.8.2 Cámara de Aeración

Aquí se desarrolla la colonia de bacterias, las cuales se alimentan de la materia orgánica, degradándola y transformándola en productos no contaminantes (líquidos y gases inodoros). En esta cámara se agrega aire por un período prolongado de tiempo, a través de dos sopladores ubicados en la parte superior de la planta, el aire es

conducido al tanque de aireación por tubos de acero galvanizado que terminan en difusores de burbuja fina, ubicados en el fondo de la cámara. Los difusores del sistema dispersan y dividen el aire en pequeñas burbujas, de tal forma que mayor cantidad de aire entre en contacto con el líquido y optimice el proceso de digestión aeróbica. La materia pre-tratada y finamente dividida es mezclada con el lodo activado y aireado.

Situación Anormal

Cuando exista una disminución de las bacterias la cual se caracterizará por el color y olor de lodo lo cual se tendrá que realizar lo siguiente:

COLOR DEL AFLUENTE	COLOR EN EL TANQUE DE AIREACIÓN	COLOR EN EL TANQUE DE SEDIMENTACION	COLOR DE LOS LODOS DE RETORNO	OLOR	CONDICIÓN	AJUSTE
Gris	Marrón Chocolate	Claro	Marrón Chocolate	Terroso	Buena Operación	Ninguno
Gris	Marrón Chocolate	Claro	Marrón Chocolate	Terroso	Mucha espuma	Espuma normal al inicio
Gris	Marrón Chocolate	Oscuro	Claro	Mohoso	Sólidos en el efluente	Reducir el rango de retorno de lodos
Gris	Marrón Claro	Marrón Claro	Claro	Ligeramente Mohoso	Sólidos flotantes en el tanque de sedimentación	Raspar tolva
Gris	Marrón Claro	Marrón Claro	.....	Ligeramente séptico	No hay retorno de lodos	Retrolavado de lodos de retorno
Gris	Rojo	Rojizo	Marrón Claro	Ninguno	Sobre mezclado	Reducir aireación
Gris	Negro	Negro	Negro	Séptico	Aireación insuficiente	Aumentar aireación

Tabla N° 2: Diferentes Coloración en la Planta y su Toma de decisiones

Cuando los sopladores presenten alguna falla en su funcionamiento, el personal se comunicará con el área de Asuntos Ambientales para realizar las coordinaciones con el área de Mantenimiento y hacer el bloqueo de energía, cambio y revisión de los sopladores.

2.2.8.3 Cámara de Sedimentación

Situación Normal

El lodo activado pasa a la cámara de sedimentación, por una ventana de transferencia, también llamada caja sifoide y llega a una zona de entrada donde se retienen las grasas, separada mediante un bafle.

En esta cámara el líquido se debe mover a una velocidad muy baja, con la intención que los sólidos remanentes pueden sedimentar en el fondo del tanque y regresar a la cámara de aireación por el sistema de retorno de lodos.

Cualquier partícula parcialmente tratada que haya quedado en suspensión en el líquido, sedimentará, deslizándose por las paredes inclinadas de la cámara. El efluente clarificado se colecta a través de un vertedero, para luego conducirlo en forma gravitacional a la cámara de contacto, para su desinfección.

Recolección de Lodos - Air Lift

Los lodos sedimentados en el fondo de esta cámara deben ser recirculados a la cámara de aeración, para mantener una concentración de bacterias; la bomba de recirculación de lodos es accionada por aire proveniente del soplador, generando un vacío, para arrastrar los lodos depositados en el fondo del cono de sedimentación. Cuando se tenga un exceso de lodos, se deberá evacuar los lodos en exceso hacia lechos de secado o disposición final por empresas especializadas, mediante camiones cisternas.

Desnatador o Skimmer

Los sólidos o partículas flotantes de la cámara de sedimentación serán recirculadas a la cámara de aeración para tratamiento adicional, a través del skimmer. El cual funciona bajo el mismo

principio que el airlift, es decir es accionado con aire y debe usarse siempre que encuentre grasas y partículas en la superficie.

2.2.8.4 Sistema de Desinfección

Situación Normal

También conocida como de contacto, cuyo objetivo es reducir los organismos patógenos (bacterias y virus remanentes) en el efluente. Consiste en la dosificación de hipoclorito de sodio o calcio en solución 1.5 Kg/día por acción de una bomba dosificadora al efluente tratado, previo al ingreso a la cámara de contacto.

Situación Anormal

En caso se malogre las bombas dosificadoras se cuenta con una bomba en stand by el cual el personal se contacta con el área de asuntos ambientales para realizar las coordinaciones con el área de mantenimiento para realizar el cambio de la bomba dosificadora y reparación de la deteriorada.

2.2.8.5 Operación de la Planta

Es muy importante que la planta reciba atención diaria, de la persona encargada, con un especial cuidado durante la etapa operación tiempo en el cual se desarrollarán los lodos activados y se regulará el rango de aireación, el rango de retorno de lodos y el ciclo de funcionamiento son todos equilibrados para un correcto funcionamiento de la planta.

Los ajustes de una planta que trabaja bajo la modalidad de lodos activados de aireación extendida se basa principalmente en factores visuales; es decir, en la apariencia del lodo y del efluente.

Verifique y colóquese los elementos de seguridad (EPPs) antes de realizar cualquier trabajo en la planta, guantes de jebe, lentes de seguridad, respirador, casco, overol, etc.

Acá considerar la operación de la planta diaria, considerar en la parte operativa las situaciones anormales y de emergencia si aplica.

2.2.8.6 Cámara de Ecuación

Situación Normal

En la cámara de ecuación se ha instalado una cámara de rejillas donde llega todo el afluente crudo de servicios higiénicos y de trampa de grasa, proveniente de cocina. Esta rejilla permite proteger las instalaciones posteriores, a través de la retención de objetos que puedan obstruir conducciones; así como, plásticos, papeles, trapos, etc. La rejilla debe limpiarse diariamente, eliminando los cuerpos retenidos y disponiéndolos en el cilindro adecuado, según procedimiento ambiental para manejo de residuos peligrosos.

Esta unidad tiene como finalidad homogenizar la carga orgánica y caudal de ingreso de aguas residuales, de tal manera que la planta trabaje apropiadamente.

Situación Anormal

En esta cámara se encuentran dos bombas sumergibles de funcionamiento alternado, accionadas mediante sensores de nivel, el operador debe verificar, además del correcto funcionamiento de las bombas, el paso del caudal hacia la cámara de aeración, regulando las válvulas manuales cuando exista un incremento de caudal el flujómetro se tendrá que regular de 0.85 a 1 l/s de tal

manera que el afluente que ingresa a la planta, esté de acuerdo al diseño de la misma.

2.2.8.7 Cámara de Aeración

En esta zona se lleva a cabo el proceso de digestión aeróbica. Las aguas residuales pre-tratadas son mezcladas y aireadas por medio de difusores de burbuja fina, diseñados especialmente para asegurar la homogeneidad de la carga orgánica y la ausencia de regiones muertas que puedan entorpecer la acción depuradora.

Situación Normal

Los sopladores son de funcionamiento automático, son accionados mediante un temporizador, el tiempo de funcionamiento depende de las necesidades de oxígeno (Aproximadamente 12 h/d), luego 6 a 8 h/d, en ciclos de 60 y 40 minutos.

Cuando haya una variación en el ciclo, esta no debería ser mayor al 10 % del total del tiempo de funcionamiento, y después de dicha variación, la planta debe estar en observación por lo menos 48 horas antes de cualquier ajuste adicional. Si el ajuste ha sido suficiente, la mejora será evidente en el efluente de la planta dentro de las próximas 48 horas; la mejora del efluente se evidencia por su aspecto organoléptico: olor y color.

El tiempo mínimo requerido, para una buena homogenización en esta cámara, el tiempo es de 12 minutos. Se debe monitorear la concentración de oxígeno disuelto en la cámara de aeración, de tal manera que no sea menor de 2 mg/l.

Con la finalidad de obtener una oxidación máxima de lodos, se deben realizar extracciones de lodos en exceso cuando la concentración sea de 7 g/L o 60 % en volumen. El control del porcentaje de lodos se debe realizar en forma diaria, llenando en una probeta de 1 litro con una muestra de agua de la cámara de aeración, luego esperar a que sedimente durante unos 30 minutos, si la cantidad de lodo es mayor a al 60 %, se debe extraer lodo.

2.2.8.9 Cámara de Sedimentación

Situación Normal

Durante el periodo de operación el lodo activado es fibroso y tiende a adherirse a las paredes de la cámara, razón por la cual durante este periodo, se debe raspar las paredes diariamente con una espátula, con mucho cuidado, evitando que el lodo pueda flotar hacia la superficie, en cuyo caso deberá ser retornado a la cámara de aireación, ya que la acumulación de lodo en la superficie, puede llevar a formar grandes trozos que se asentarán en el fondo, pudiendo atascar el retorno de lodos, lo cual llevaría reducir la concentración de lodos en la cámara de aireación, afectando así el tratamiento y dando como producto un efluente de baja calidad.

Cuando se haya formado la colonia de bacterias y los lodos estén completamente activados, serán menos fibrosos, por lo tanto, se podrá eliminar el raspado diario de las paredes, sin embargo, esto sólo se puede determinar mediante un análisis cuidadoso.

Para evitar inconvenientes de una desnitrificación no controlada, lo que genera la elevación del lodo a la superficie, se recomienda un

alto grado de recirculación, manteniéndose la concentración adecuada de lodos en la cámara de aeración.

Situación Anormal

Se debe realizar la limpieza de la superficie del tanque de sedimentación en forma diaria, retirando cualquier partícula flotante que pudiera aun estar presente, con la ayuda del recogedor de hojas y el mango telescópico suministrado con la planta, luego colocar las partículas recolectadas en un depósito de basura, realizar esta limpieza por lo menos 2 veces al día.

COLOR EN EL TANQUE DE SEDIMENTACION	COLOR DE LOS LODOS DE RETORNO	OLOR	CONDICIÓN	AJUSTE
Claro	Marrón Chocolate	Terroso	Buena Operación	Ninguno
Claro	Marrón Chocolate	Terroso	Mucha espuma	Espuma normal al inicio
Oscuro	Claro	Mohoso	Sólidos en el efluente	Reducir el rango de retorno de lodos
Marrón Claro	Claro	Ligeramente Mohoso	Sólidos flotantes en el tanque de sedimentación	Raspar tolva
Marrón Claro	.....	Ligeramente séptico	No hay retorno de lodos	Retrolavado de lodos de retorno
Rojizo	Marrón Claro	Ninguno	Sobre mezclado	Reducir aireación
Negro	Negro	Séptico	Aireación insuficiente	Aumentar aireación

Tabla N° 3: Diferentes Coloración en la Planta y su Toma de decisiones

2.2.8.10 Sistema de Desinfección

La dosificación de cloro es favorable para la destrucción de los organismos patógenos. La dosis requerida normalmente es 5.0 mg/l en condiciones normales de operación, la cual se efectúa al ingreso de los tanques de almacenamiento, con la ayuda de una bomba dosificadora.

2.2.8.10.1 Lecho de Secado

La operación del lecho de secado se basa en lo siguiente:

- **Preparación para llenado**, antes de ser llenados los lodos, se debe escarificar la superficie de arena de los lechos a fin de romper cualquier costra dura que se haya formado. Luego se coloca arena en los sitios en que sea necesario por haberse perdido el material original a causa del escarificado.
- **Llenado**, primero llenar el lecho de secado hasta unos 25 cm. Este es distribuido sobre toda la superficie del lecho permeable (arena), una vez depositado, el agua que queda debajo del lodo comienza a drenar, hasta que la parte concentrada de sólidos se deposita sobre el lecho, no se deberá esparcir lodo en el lecho cuando éste ya contenga una capa anterior en fase de secado.
- **Control**, el operador deberá controlar que a través de la tubería de desagüe fluya el efluente percolado del dren, debido a que la mayor parte del agua libre puede removerse en menos de un día (en caso que el escurrimiento sea mínimo o no se produzca, indica que el medio filtrante se ha colmatado). Pasado este primer periodo de drenaje, el secado seguirá básicamente por medio de evaporación (se debe controlar la medida del descenso de la capa de lodo). Se formará una cama cada vez más pobre en agua, con la cual se observará una reducción del volumen, tanto en dirección vertical como horizontal y se formarán grietas, este proceso sumado a la remoción manual con rastrillo, permitirá acelerar el proceso de evaporación, porque aumenta la superficie expuesta al aire; igualmente se puede acelerar el proceso de secado mediante la adición de cal, de esta forma también se

controlará la presencia de olores e insectos; se recomienda el uso de cal cuando el lecho esta colmatado.

El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas y meteorológicas, por lo que se recomienda programar la extracción en época de alta temperatura; el rango de tiempo de secado varía entre 15 a 30 días; donde se reduce la humedad de 90 a 95% contenida en el lodo, hasta 50 a 65% aproximadamente.

- **Remoción de lodo**, se recomienda medir el contenido de humedad, una vez por semana, de contarse con el equipo se definirá en forma visual, cuando el lodo haya alcanzado un bajo porcentaje de humedad, se retirará el lodo del lecho y se depositará en un lugar para su disposición final.
- **Flujos de retorno**, El drenaje de los lechos de secado se debe retornar al proceso de tratamiento.
- **Mantenimiento**, Se debe reponer la pérdida de arena durante la remoción del lodo seco; de igual forma se debe prevenir el crecimiento de vegetales de todo tipo. En caso que el lecho muestre tendencia a colmatarse, se deberá considerar utilizar una arena de mayor granulometría.

2.2.8.10.2 Efluente

Se debe realizar un monitoreo del funcionamiento de la planta, analizando en campo los siguientes parámetros: caudal, pH, temperatura, oxígeno disuelto, volumen de lodos y cloro residual, por lo menos una vez por día.

Así mismo se recomienda un análisis completo (Oxígeno disuelto, pH, Temperatura, Conductividad, STD, SST, DBO5, DQO, Turbidez, Cloro residual, cloro total, Organismos coliformes y organismos coliformes termotolerantes) del afluente y efluente, por lo menos una vez por mes, en un laboratorio especializado.

Las mediciones de campo las realiza el operador diariamente y deben ser reportados en un cuaderno diario, para luego ser reportador en un informe mensual.

Los controles indicados en estas instrucciones son en principio suficientes para asegurar una buena operación normal, pero se realiza verificaciones más precisas de las condiciones de funcionamiento 1 vez por mes, evaluando los siguientes parámetros físico-químicos y microbiológicos en el efluente:

2.2.8.10.3 Análisis de los parámetros:

- **pH:** Una gran variación del pH en el agua cruda puede afectar el tratamiento y destruir completamente las bacterias (lodos activados). Una verificación periódica puede detectar los productos ácidos o básicos que llegan a la planta. El pH de un agua residual doméstica puede variar entre 6.0 y 9.0. Un contenido alto de sólidos o de cloro residual puede interferir con las pruebas de pH en el efluente. Cuando se realiza el control de procesos, las muestras tomadas en la cámara de aeración deberán sedimentarse por 10 minutos y luego debe tomarse el pH de la muestra sobrenadante.

- **Oxígeno Disuelto:** El oxígeno es utilizado por las bacterias para sus necesidades energéticas, su reproducción por división celular y para su respiración endógena (auto-oxidación progresiva de su masa celular). La cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua residual depende inversamente de la temperatura; mientras más fría el agua mayor cantidad de oxígeno disuelto. Las cantidades normales de oxígeno disuelto para prevenir condiciones sépticas son:
 - Para la zona de aeración : >2 mg/l
 - Para la zona de sedimentación: >1 mg/l
 - Para el efluente en la descarga: >3.0 mg/l
- **Cloro Residual:** El efluente final de la planta debe tener una cantidad de cloro residual específica para eliminar las bacterias coliformes. El rango requerido de cloro residual debería ser < 1.0 mg/l, después de 30 minutos de contacto, es decir, a la salida del tanque de almacenamiento.
- **Caudal:** La Planta de lodos activados está diseñada para tratar un caudal de 0.92 m³/h, por tratarse de plantas de lodos activados, es decir un proceso biológico, es recomendable respetar el caudal de diseño, el cual será registrado en forma diaria.
- **Volumen de lodos (Zona de aeración):** Como en el caso del oxígeno disuelto, el volumen de lodos varía en el curso del día. El test de sedimentación es considerado el mejor método de control para determinar la frecuencia de la extracción en plantas

compactas, se sacará muestras de lodo la cual serán llevadas a laboratorio de la unidad.

- **Color:** Es un parámetro de observación que indica de manera rápida la operación del sistema.

Situación Anormal

COLOR DEL AFLUENTE	COLOR EN EL TANQUE DE AIREACIÓN	COLOR EN EL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN	COLOR DE LOS LODOS DE RETORNO	OLOR	CONDICIÓN	AJUSTE
Gris	Marrón Chocolate	Claro	Marrón Chocolate	Terroso	Buena Operación	Ninguno
Gris	Marrón Chocolate	Claro	Marrón Chocolate	Terroso	Mucha espuma	Espuma normal al inicio
Gris	Marrón Chocolate	Oscuro	Claro	Mohoso	Sólidos en el efluente	Reducir el rango de retorno de lodos
Gris	Marrón Claro	Marrón Claro	Claro	Ligeramente Mohoso	Sólidos flotantes en el tanque de sedimentación	Raspar tolva
Gris	Marrón Claro	Marrón Claro	.....	Ligeramente séptico	No hay retorno de lodos	Retrolavado de lodos de retorno
Gris	Rojo	Rojizo	Marrón Claro	Ninguno	Sobre mezclado	Reducir aireación
Gris	Negro	Negro	Negro	Séptico	Aireación insuficiente	Aumentar aireación

Tabla N° 4: Diferentes Coloración en la Planta y su Toma de decisiones

- **Temperatura:** Para obtener una máxima eficiencia en el tratamiento, las bacterias requieren una temperatura favorable. Las variaciones de temperatura afectan la reproducción y el crecimiento de las bacterias, lo que es directamente proporcional al tratamiento efectuado. La zona más favorable se sitúa entre 20°C y 32°C. El dato de temperatura se toma del registrador del medidor de oxígeno disuelto.

2.2.8.10.4 Agua Contaminada

El agua es una sustancia indispensable para la vida y por lo que se considera como el recurso natural más apreciado en el planeta y constituye una necesidad primordial para la salud por ello debe

considerase uno de los derechos humanos básicos (Acuario et al., 1997).

La mala disposición de los residuos puede generar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, además de contaminar la población que habita en estos medios. La contaminación de los ríos y aguas subterráneas se debe a la percolación de los lixiviados a través del suelo por efecto de las lluvias, es uno de los problemas de contaminación más importantes que provoca la disposición inadecuada de los RSU. Además, el agua también se contamina por el vertido directo de RSU pudiendo llegar a modificar incluso el sistema de drenaje y el curso de los ríos (Acuario et al., 1997).

2.3 Definición de Términos Básicos

2.3.1 Aguas Residuales Domésticas:

Agua resultante de la actividad humana doméstica que se vierte como efluente.

2.3.2 Abono orgánico:

Sustancia de origen natural procedente de los seres vivos, que aporta al suelo y las plantas nutrientes para su buen desarrollo.

2.3.3 Especie:

Conjunto de individuos que viven en una misma área, con características físicas comunes, igual número de cromosomas, y que pueden reproducirse y tener crías fértiles. El conjunto de individuos de la misma especie constituye la Población.

2.3.4 Caracterización de lodos:

Estudio y determinación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los lodos a transformar.

2.3.5 Lombrifiltro:

El Lombrifiltro o Técnica Tohá es un sistema de biotratamiento de aguas servidas y residuos industriales líquidos orgánicos (RILES), que está constituido por distintos estratos filtrantes de materiales orgánicos e inorgánicos. Esta técnica fue desarrollada por el Dr. José Tohá Castellá y sus colaboradores en el Laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad de Chile (Arango, 2003) (Guzmán, 2004) (TECSINOX, 2010).

2.3.6 Lombricultura:

Biocología que utiliza una especie domesticada de lombriz como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo abono orgánico.

2.3.7 Eisenia foetida:

La lombriz roja (*Eisenia foetida*) es una especie de lombriz de tierra del género *Eisenia*, perteneciente a la familia Lumbricidae, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a su vez a la subclase de los oligoquetos.

2.3.8 Contaminación:

(Del latín *contaminare* = manchar). Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.

2.3.9 Contaminación biológica:

Es la contaminación producida por organismos vivos indeseables en un ambiente, como, por ejemplo: introducción de bacterias, virus protozoarios, o micro hongos, los cuales pueden generar diferentes enfermedades, entre las más conocidas se destacan la hepatitis, enteritis, micosis, poliomielitis, meningo encefalitis, colitis y otras infecciones.

2.3.10 Efluente:

Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

2.3.11 Tratamiento biológico:

Tratamiento que se enfoca básicamente a los residuos orgánicos, como los alimentos o los residuos del jardín.

2.4 Formulación de Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El tratamiento de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar cumplirá los requerimientos de abono orgánico.

2.4.2. Hipótesis Específicas

Los requisitos para la estabilización de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar son la temperatura, pH, Humedad y Aireación.

Los tipos de impurezas se tiene en un lodo generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar son nitrógeno, nitritos, fosfatos y sulfatos.

La lombricultura como tratamiento para estabilizar lodos residuales reduciendo patógenos es efectiva; ya que, esta será eliminada la presencia de impurezas.

2.5 Identificación de Variables

2.5.1 Variable Independiente

Tratamiento de Lodos

2.5.2 Variable Dependiente

Utilizando Lombricultura

2.5.3 Variable Interviniente

- Temperatura
- pH
- Materia orgánica

2.6 Definición Operacional de Variables e Indicadores

Los indicadores fueron:

- ❖ Los parámetros físicos
- ❖ Normativa Ambiental Peruano.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación, es un estudio experimental, que permitió manipular la variable independiente para realizar una adecuada producción de abono orgánico.

3.2. Métodos de Investigación

Método inductivo, porque analizaremos un caso en particular, cuyos resultados serán tomados para extraer conclusiones de carácter general.

3.3. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es longitudinal, ya que se realizará más de una medición de los parámetros de la muestra tratada después de la aplicación del tratamiento.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

La población está compuesta por un total de lodos generados en la planta de tratamiento de agua residual doméstica de aproximadamente 5 toneladas anuales.

3.4.2 Muestra

La muestra estará representada por pruebas de lodos 1000 kilos aproximadamente.

3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1 TÉCNICAS

Para la recolección de los datos se utilizaron las siguientes técnicas:

Tablas de Observación: Observación del campo para describir, los cambios en los lodos tratados.

Recolección de Datos: Consiste en la recolección de datos de parámetros de campo.

Análisis: Análisis de las muestras de laboratorio.

3.5.2 INSTRUMENTOS

- ✓ Formatos de Recolección de datos
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Apuntes y libreta de notas
- ✓ GPS

3.6 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

3.6.1 METODOLOGÍA DEL DESARROLLO DEL TRATAMIENTO DE LODOS CON LA APLICACIÓN DE LA LOMBRICULTURA

Para desarrollar la investigación del tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar se realizó las siguientes actividades:

3.6.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERADORAS DE LODOS

La planta está diseñada para tratar un caudal promedio de 90 m³/d. El proceso de lodos activados por aeración prolongada consiste en poner en contacto, durante un tiempo suficientemente largo, grandes cantidades de lodos activados con pequeñas cantidades de contaminación, de manera que se logre una depuración lo más completa posible del agua a tratar y se favorezca la oxidación de las materias vivas generadas a partir de la DBO, hasta conseguir un fango residual que no presente ningún olor. En este proceso las bacterias degradan las aguas residuales por el uso de oxígeno, en forma similar como el fuego utiliza oxígeno para quemar la basura.

Básicamente, las plantas de tratamiento por aireación extendida pueden dividirse en los siguientes elementos:

- Cámara de Ecuilización
- Cámara de Aeración
- Cámara de Sedimentación
- Cámara de Desinfección

Es en esta planta donde se genera los lodos a ser tratados a posterior, esta planta de tratamiento se muestra en la imagen N° 01:

Imagen N° 1: Planta de tratamiento de aguas residuales – Campaña Minera Chungar



3.6.3 RECOLECCIÓN DE LODOS

La recolección de lodos se realizó mediante el uso de la bomba de lodos, lodo fresco; estos se recogieron directamente en la planta de tratamiento de aguas residuales. Esta actividad se llevó a cabo con el acompañamiento de un técnico de la planta.

Imagen N° 2: Extracción de Lodos con la Aplicación de Bombas de Lodos



Posteriormente se trasladaron a una caseta de acumulación de lodos, elegido como el lugar de montaje experimental, un espacio que no presenta condiciones ambientales extremas, que permitió el fácil ajuste de los parámetros de pH, temperatura y humedad, garantizando el desarrollo adecuado del proceso de estabilización.

3.6.4 MONTAJE EXPERIMENTAL

Se instalaron 2 lechos, en cámaras en serie, a cada uno se le adecuó rodeados de sardineles y el piso de concreto, la parte inferior facilita la recolección de los lixiviados, esto permitió que el agua no se empozara y produjera malos olores. Y asimismo estas cámaras están techadas para impedir el ingreso de aguas provenientes de las lluvias, tal como se puede observar en las imágenes N° 03.

Las dimensiones de estas cámaras donde se instalaron los respectivos tratamientos para llevar a cabo el montaje experimental se presentan en la siguiente tabla:

Dimensiones de la Cámara de Recipientes	
Parte de la Cámara	Dimensión (m)
Ancho	4
Largo	4
Alto	0.6
Volumen de Lodo	1000 Kg
Estiércol	1000 Kg

Fuente: Propias de la Investigación



Tabla N° 5: Tabla N° 05: Dimensiones de las Cámaras de Experimentación



Para el montaje experimental se plantearon 2 tratamientos. Cada montaje contenía diferentes porcentajes de lodo residual generado por la PTAR y estiércol para garantizar la sobrevivencia de la lombriz; a cada uno se le agrego 500 g. de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana). Los porcentajes se presentan a continuación.

Imagen N° 3: Cámaras de Experimentación

Cámara	Composición		Lombrices	% de Lodo/Estiércol	Peso (Kilos)
1	Lodo	Estiércol	500 g de Lombrices + Tierra	50- 50	2000
2	Lodo	Estiércol	500 g de Lombrices + Tierra	40-60	2000

Fuente: Propias de la Investigación

Tabla N° 6: Porcentajes de Dosis en la Cámara Experimental

Se plantearon estos tratamientos para conocer cuál de ellos es el más eficiente donde las lombrices se desarrollan y además de esto asegurar la supervivencia de la población de lombrices con la variación de los porcentajes de lodo y estiércol.

Para la población de lombrices, se compraron uno (1) kilogramos de lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*). En las imágenes 04 y 05 se puede visualizar las lombrices compradas y la adición de las lombrices a la cámara de experimentación.

La materia orgánica que se incluyó en los tratamientos fue estiércol de ovino y vacuno, obtenido de un lote de las estancias cercanas a la Compañía Minera Chungar.

Imagen N° 4: Compra de Lombrices



Imagen N° 5: Adición de Lombrices



3.6.5 MONITOREO CONSTANTE DE PARÁMETROS EN LAS CÁMARAS DE EXPERIMENTACIÓN

El proceso de monitoreo se realizó durante 8 semanas de los parámetros pH, humedad y temperatura. Adicionalmente, se determinaron durante estas visitas los cambios cualitativos de las lombrices y el lodo; color, tamaño, cantidad y color, olor y textura respectivamente.

Para el seguimiento del parámetro de pH se utilizó un multiparámetro, la variable de temperatura se monitoreo con un termómetro-higrómetro

digital; el cual permitía además de obtener el dato de temperatura, un registro de la humedad relativa del lugar.

3.6.6 AJUSTE DE PARÁMETROS

En los días de **verificación de humedad**, también se realizó trabajos para mantener la humedad del lodo lo más constante posible, se le aplicó agua en cada día de seguimiento, de esta manera garantizar que durante los otros días la pérdida de humedad no fuera mayor y el lodo mantuviera su humedad en el rango que tolera la *Eisenia foetida*. Con esta actividad se realizaba una aireación sencilla al lodo, permitiendo así que el proceso de estabilización fuera más efectivo.

La humedad se revisó diariamente por medio del tacto, según la teoría se debe mantener un rango del 70% de humedad. En los casos en los que el cultivo se observaba o se sentía húmedo se tomó en la mano una muestra de lodo y se presionó de tal manera que, si al forzarlo brotaba agua, se procedía a abrir la cama con orificios que ayudaran al drenaje, si por el contrario se observaba y se sentía seco se procedía a humedecer sin encharcar el cultivo.

Para **determinar el pH**, la muestra que se tomó para la medición inicial fue un trozo mediano el cual se deposita en un recipiente, diluido en agua destilada, en este proceso se calcula el pH.

Para el **Control de temperatura**, para el análisis de temperatura se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- **Temperaturas mayores a 26° C:** A temperaturas mayores a la mencionada se debe voltear u oxigenar el cultivo proporcionándole oxigenación y liberación de calor.

- **Temperaturas menores a 22°C:** En caso que las temperaturas desciendan por debajo de lo mencionado se debe proceder a cubrir el cultivo con sustrato alimenticio para aislar de la temperatura exterior.

La oxigenación y volteo se realizaron semanalmente teniendo en cuenta hacer una adecuada distribución de tareas y tiempos. La oxigenación y volteo es de vital importancia en el cultivo, ya que por medio de los volteos



Imagen N° 6: Monitoreo de Parámetros

se le da al cultivo el oxígeno requerido para los microorganismos que intervienen en el proceso de estabilización.

3.6.7 ANÁLISIS DE DATOS

Al obtener los datos de la investigación se pasó a ser interpretados de acuerdo a los análisis de laboratorio y los estudios realizados.

3.7 Tratamiento Estadístico

Los datos obtenidos de acuerdo a los dos casos de estudio para la presente investigación de los lodos generados en la planta de tratamiento de las aguas residuales domésticas mediante la lombricultura, pasarán a ser analizados y procesados mediante resultados que se obtenga, para ello se utilizará el software de

base de datos (Microsoft Excel). Luego serán contribuidos con cuadros estadísticos, analizando los resultados según la realidad adquirida a nivel de campo.

3.8 Selección, Validación y Confiabilidad de los Instrumentos de Investigación

Datos Informativos

Nombre del Experto	Cargo e Institución donde labora	Autor del Instrumento
Mg. Lucio ROJAS VITOR	Decano del Colegio de Ingenieros – Sede Pasco	Bach. Andrea Antone AGUERO CRUZ

Tabla N° 7: Selección de la validación

Aspectos de la Evaluación

Indicadores	Malo	Óptimo	Malo
Temperatura	< 4 °C	30 °C	> 40 °C
Humedad	< 15 %	70 – 80 %	> 85 %
pH	< 6	6.5 – 7.5	> 8

Tabla N° 8: Aspectos de evaluación

3.9 Orientación Ética

El presente trabajo de investigación estuvo orientado al estudio de la Generación de los lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar, ya que actualmente vienen siendo un problema ambiental y de gran inversión económica para su disposición final, ya que estos lodos contienen en su composición gran variedad de impurezas y metales pesados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del Trabajo de Campo

4.1.1 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

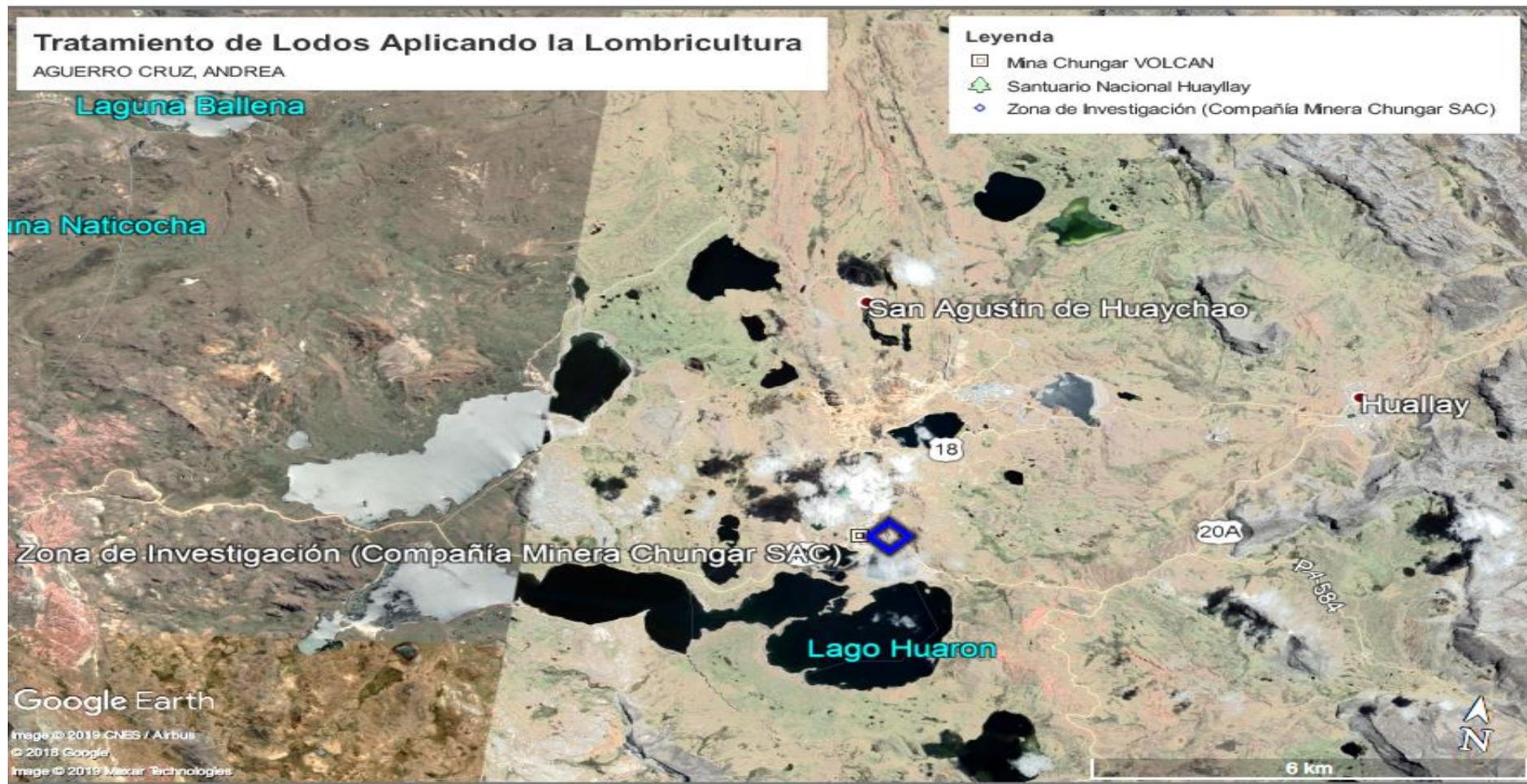
Compañía Minera Chungar SAC, es titular de la Unidad Económica Administrativa “Animón” se encuentra ubicada aproximadamente a 40 km al Sur Oeste de la ciudad de Cerro de Pasco, en el distrito de Huayllay, provincia y departamento de Pasco, a unos 4620 msnm.

Unidad Minera Animón, donde se efectúan actividades concernientes a la Industria Minera y Metalúrgica, comprende entre otras las labores de exploración, desarrollo, preparación, cubicación, explotación, transporte y beneficio de minerales por flotación, para lo cual cuenta con una infraestructura compuesta por dos piques y dos rampas como vía de accesos a las labores subterráneas, carreteras como vías de comunicación en superficie, una planta de beneficio de minerales poli-metálicos, cuyos productos principales son los concentrados de Zinc, Plomo y Cobre, los

mismos que son transportados por carretera y ferrocarril hacia el Callao, para su exportación.

Por otro lado, en el Mapa N° 1 se visualiza la ubicación de la zona de estudio.

Mapa N° 1: Ubicación de la Zona de Estudio en el Distrito de Huayllay



4.2 Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados

Los resultados obtenidos con su respectiva discusión de la presente investigación denominado tratamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar - 2019 se muestran a continuación.

4.2.1 Análisis variables de temperatura, Humedad y pH

4.2.1.1 Análisis variables de temperatura

En la gráfica N° 01 se muestran las temperaturas registradas para un total de 8 semanas para las dos cámaras, para ellos se empezó el 29 de junio del 2019, finalizando el 17 de agosto del 2019.

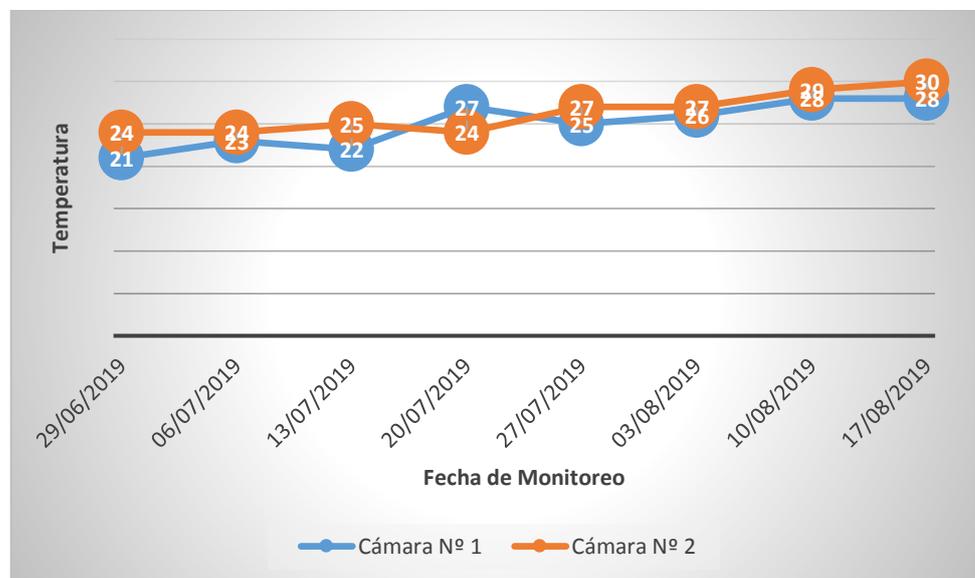


Gráfico N° 1: Resultado de Temperatura

Como se puede visualizar en el Gráfico N° 01, la temperatura al inicio del tratamiento en el cámara N° 01 y N° 02 estuvo en 21°C y 24 °C respectivamente, esto fue subiendo en cuanto iba pasando las semanas, llegando al 17 de agosto a 28 °C y 30 °C respetivamente; por el lugar donde se encuentran ubicados las cámaras de

investigación no había más condiciones que pudieran afectar este factor o que causaran cambios drásticos de temperatura.

Investigando; la información recopilada en los trabajos de grado realizados por Echeverry y Chávez Porras, sugiere que, aunque depende de las características de los tratamientos aplicados y el lugar, las temperaturas demasiado altas o bajas, afectan el desempeño de las lombrices dentro del sustrato. Cuando la temperatura del sustrato desciende a 10 °C, las lombrices, siguen reproduciéndose, pero la eclosión de cocones sufre demoras significativas y se reduce la actividad alimentaria, un valor por debajo de los 4°C conduce a que la actividad reproductiva y el desarrollo de nuevas lombrices sean nulos. Por otra parte, temperaturas superiores a 30°C maximizan la actividad de los microorganismos presentes en el material de degradación, agotando el oxígeno disponible para la supervivencia de las lombrices y si sobrepasa los 40 °C las lombrices tienden a fugarse de la cama y prácticamente no comen, por lo tanto, la producción de lombricompostaje disminuye.

En base al texto anterior nos encontramos en un rango adecuado de temperatura, también podemos mencionar que la temperatura superior con respecto al ambiente es debido al estiércol que ayuda a la no pérdida de temperatura ya ganada, asimismo se puede evidenciar la cámara N° 02 es superior la temperatura, posiblemente por la dosis mayor de estiércol que presenta.

4.2.1.2 Análisis variables humedad

En la gráfica N° 02 se muestran la humedad registradas para un total de 8 semanas, para ellos se empezó el 29 de junio del 2019, finalizando el 17 de agosto del 2019.

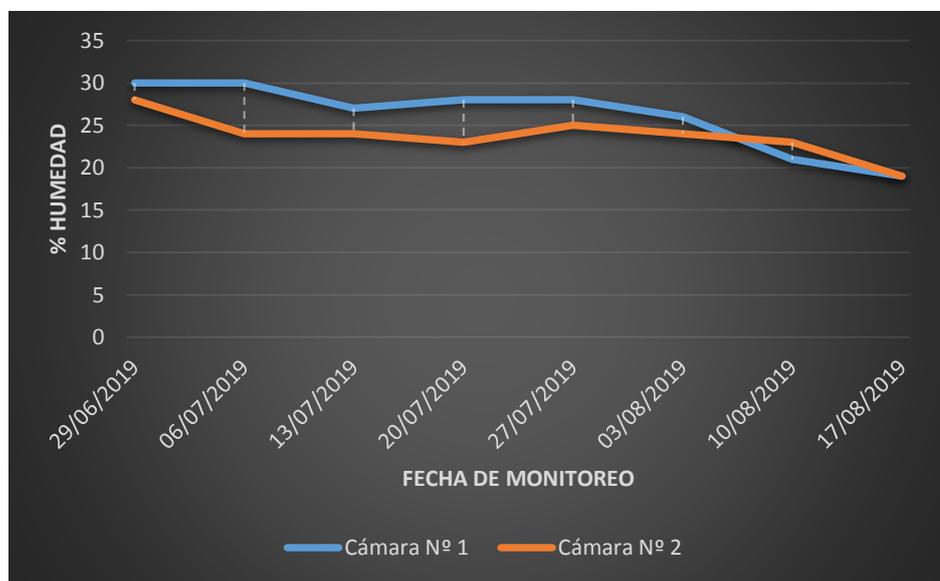


Gráfico N° 2: Resultado de % Humedad

Como se puede visualizar en el Gráfico N° 02, la humedad se determinó en el laboratorio de Compañía Minera Chungar, la humedad en las cámara N° 01 y N° 02 estuvo al inicio del tratamiento en 30% y 28%, esto fue bajando en cuanto iban pasando las semanas, llegando al 17 de agosto a 19% y 19 % respectivamente, por el lugar donde se encontraban ubicados las cámaras de investigación no había más condiciones que pudieran afectar este factor o que causaran cambios drásticos a la presencia de humedad.

Investigando; José Barbado, 2003 sostiene que para facilitar la gestión de alimentos y el deslizamiento de la lombriz en el lecho es necesario garantizar un porcentaje de humedad máxima del 70%, y

no menor de 15% evitando con esto la muerte la lombriz, además de esto que es importante en el sistema locomotor de la lombriz debido a que permite su respiración y movimiento.

Asimismo, la investigación realizada por Almany Arbeláez en 2010, se considera que una humedad óptima para *Eisenia foetida* del 70-80%. Se debe tener en cuenta que si el sustrato tiene una humedad mayor al 85% la oxigenación es insuficiente, por ende, la falta de aireación causa que el consumo de alimento se reduzca y no se produce el humus y las lombrices tienden a migrar o a morir.

En base al texto anterior nos encontramos en un rango adecuado de humedad.

4.2.1.3 Análisis variables pH

En la gráfica N° 03 se muestran el parámetro potencial de hidrogeno (pH) registradas para un total de 8 semanas, para ellos se empezó el 29 de junio del 2019, finalizando el 17 de agosto del 2019.

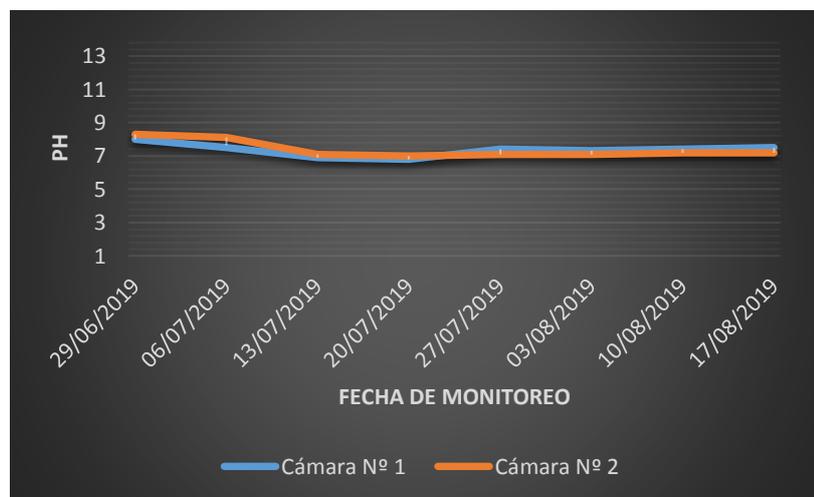


Gráfico N° 3: Resultado de pH

Como se puede visualizar en el Gráfico N° 03, el pH, al inicio del tratamiento en las cámara N° 01 y N° 02 estuvo en 8.0 y 8.3, esto fue

bajando en cuanto iban pasando las semanas llegando el 20 de julio del 2019 a 6.8 y 7.0, finalmente al 17 de agosto llego a 7.5 y 7.2, por el lugar donde se encontraban ubicados las cámaras de investigación no había más condiciones que pudieran afectar este factor o que causaran cambios drásticos la presencia de pH.

Investigando; Según Blandon normalmente en el proceso de compostaje se da una caída del pH en la fase inicial, debido a la liberación de ácidos orgánicos de la materia orgánica. Conforme el proceso de descomposición continua, estos ácidos orgánicos son descompuestos liberándose bases y altos contenidos de amoniaco que ayudan a elevar el pH. Blandon et al (1999).

Es sabido que las lombrices funcionan mejor cuando el pH del sustrato está entre 6,5 a 7,5. A medida que el sustrato va pasando por el tracto digestivo de las lombrices, este pH empieza a cambiar ligeramente.

En base al texto anterior nos encontramos en un rango adecuado de pH.

4.2.1.4 Interpretación de resultados de laboratorio

En la tabla N° 07 se observan las características iniciales del lodo crudo y los análisis realizados al lodo tratado, con gran presencia de humus al final de la experimentación.

		LODO INICIAL	Cámara N° 1	Cámara N° 2
Metales Totales(mg/l)	Nitrógeno amoniacal (mg/Kg seco)	2348.2	231.2	437.5
	Nitritos (mg/Kg seco)	2.6	0.05	0.06
	Fosfato (mg/Kg seco)	19.6	3.23	4.56
	Sulfatos (mg/Kg seco)	190.7	45.8	66.5

Fuente: Propias de la Investigación

Tabla N° 9: Resultado Inicial y Final del Lodo Tratado

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación según la tabla N° 07, se puede observar que en todos los tratamientos se produjo la reducción del Nitrógeno amoniacal, Nitritos, Fosfato y Sulfatos en comparación con el lodo sin tratar, lo cual concuerda con Masciandaro (2000), donde afirma que la lombricultura de los desechos provoca la transformación y la estabilización de la materia orgánica y reduce eficazmente los riesgos potenciales de impurezas, tal como se puede observar en los gráficos N° 4, 5, 6 y 7 de la presente investigación.

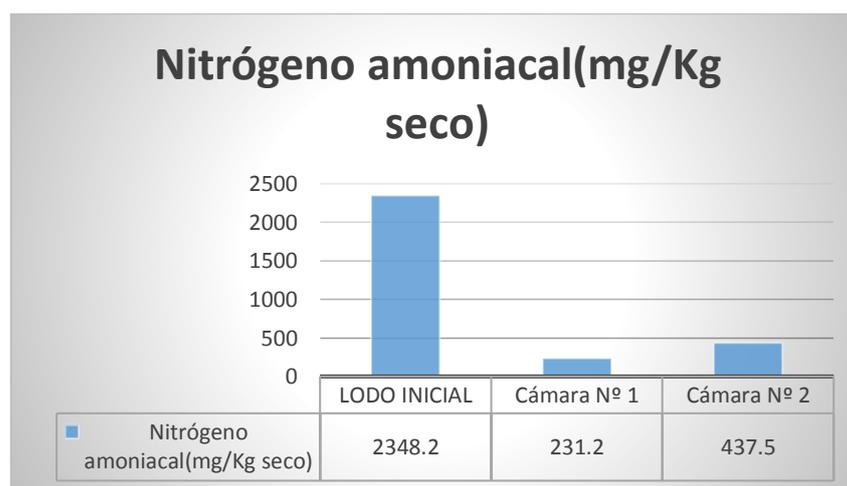


Gráfico N° 4: Resultado Antes y Después de Nitrógeno Amoniacal en Lodos de Aguas Residuales Domesticas de Cía. Minera Chungar.

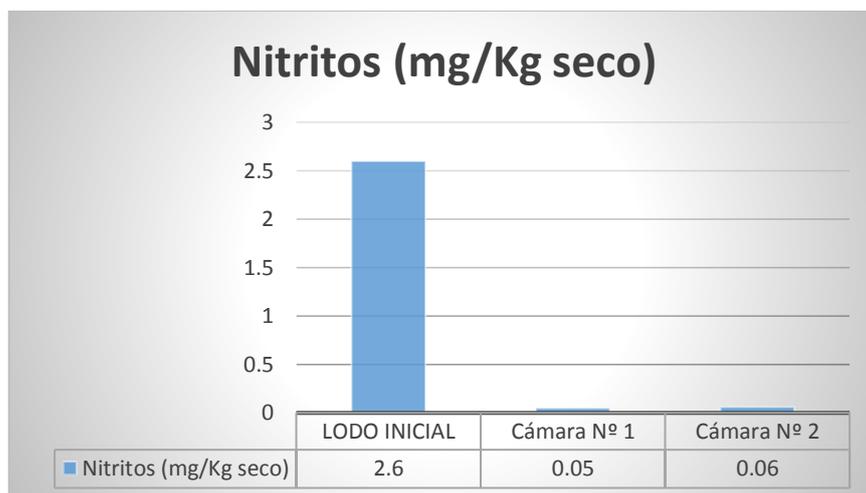


Gráfico N° 5: Resultado Antes y Después de Nitritos en Lodos de Aguas Residuales Domésticas de Cía. Minera Chungar.

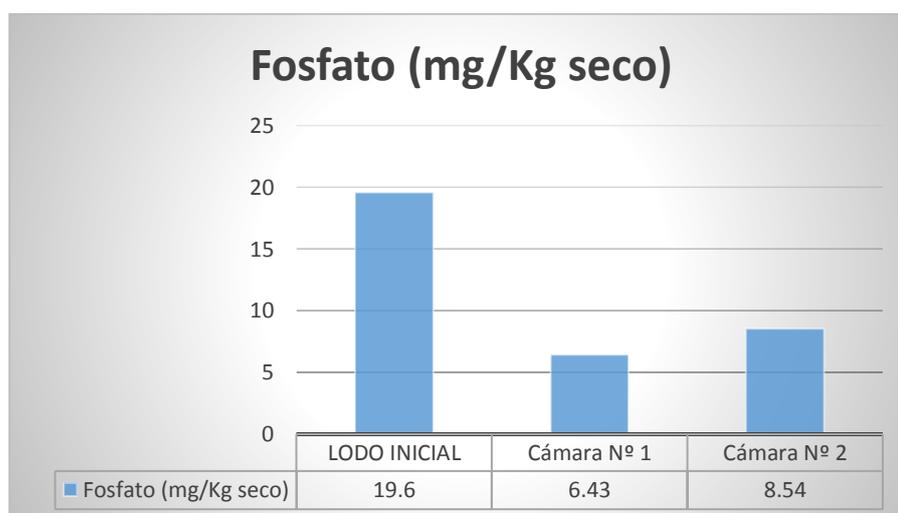


Gráfico N° 6: Resultado Antes y Después de Fosfatos en Lodos de Aguas Residuales Domésticas de Cía. Minera Chungar.

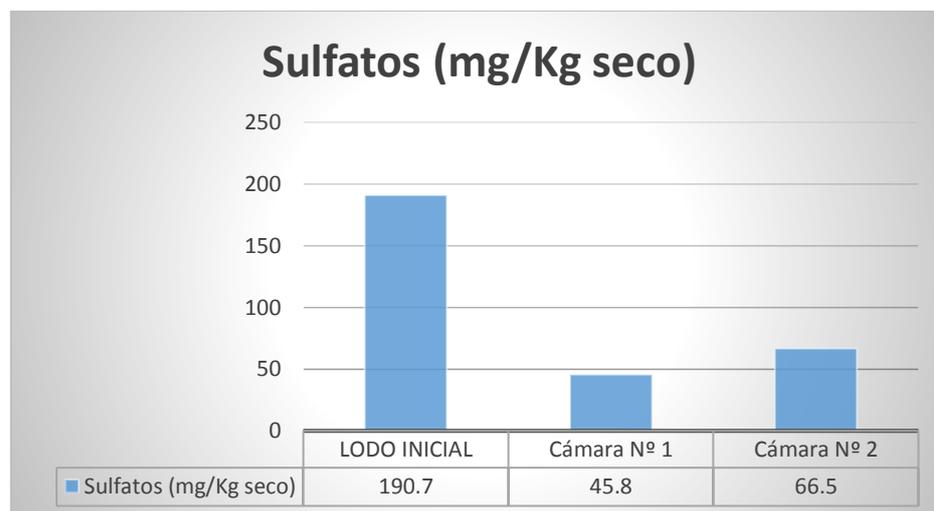


Gráfico N° 7: Resultado Antes y Después de Sulfatos en Lodos de Aguas Residuales Domésticas de Cía. Minera Chungar.

Como se puede observar en el gráfico N° 4 de la presente investigación la presencia de nitrógeno amoniacal en los lodo sin tratar es de 2348.2 mg/Kg seco, por teoría el nitrógeno amoniacal no es asimilable por las plantas, por lo tanto se considerara una impureza presente en los lodos, estas pasarán a ser nitratos gracias a la lombricultura que en este estado si son asimilables por las plantas, por lo tanto producto de nuestra aplicación de lombrices se redujeron a nitrógeno amoniacal en la cámara N° 01 y 02 a 231.2 mg/Kg seco y 437.5 mg/Kg seco.

Asimismo se puede observar en el gráfico N° 5 de la presente investigación la presencia de nitritos en los lodo sin tratar es de 2.6 mg/Kg seco, por teoría los nitritos no son asimilable por las plantas, por lo tanto se considerará una impureza presente en los lodos, éstas pasarán a ser nitratos gracias a la lombricultura que en este estado si son asimilables por las plantas, por lo tanto producto de nuestra aplicación de lombrices se redujeron a nitrógeno amoniacal en la cámara N° 01 y 02 a 0.05 mg/Kg seco y 0.06 mg/Kg seco.

De igual forma se puede observar en el gráfico N° 6 de la presente investigación, la presencia de fosfato en los lodos sin tratar es de 19.6 mg/Kg seco, por teoría el fosfato si es asimilable por las plantas, por lo tanto, se considerará un fertilizante presente en los lodos, por consiguiente, producto de nuestra aplicación de lombrices esto se redujeron a fosfato en el cámara N° 01 y 02 a 6.43 mg/Kg seco y 8.54 mg/Kg seco.

Finalmente se puede observar en el gráfico N° 7 de la presente investigación, la presencia de sulfatos en los lodo sin tratar es de 190.7 mg/Kg seco, por teoría los sulfatos no son asimilables por las plantas, por lo tanto se considerará una impureza presente en los lodos, éstas pasarán a ser volatilizados en una parte, gracias a la lombricultura, que en este estado si son asimilables por las plantas, por lo tanto producto de nuestra aplicación de lombrices se redujeron a nitrógeno amoniacal en la cámara N° 01 y 02 a 45.8 mg/Kg seco y 66.5 mg/Kg seco.

Investigando, según Francisco Guamán Díaz Mg. Sc. Nutrición de las plantas y biofertilizantes (2017). Menciona que el grado de un fertilizante se mide de acuerdo a su porcentaje de N, P y K. Este se prepara en diferentes grados. Por ejemplo: un fertilizante de grado 10 – 30 – 30, significa que tiene 10%N, 30% de fósforo como $P_2 O_5$ y 10% de potasio como $K_2 O$; el por ciento sobrante consiste de materiales de relleno (arcilla, arena, etc.), humedad y una porción de ácidos libres y sales provenientes de los procesos químicos envueltos. Si se tiene Nitritos y Sulfatos, estos podrían afectar a la tierra donde se dosificará ya que estas generaran acides y alteración de la cadena de seres vivos.

4.3 Prueba de Hipótesis

Para nuestra investigación se planteó la hipótesis general siguiente:

“El tratamiento de los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas con la aplicación de la lombricultura en la Compañía Minera Chungar cumplirá los requerimientos de abono orgánico”.

Finalizada la investigación podemos mencionar que la hipótesis es válida, ya que al reducir los compuestos como nitrógeno amoniacal, nitritos y sulfatos, este lodo baja su nivel de contaminantes a fin de ser utilizado como abono orgánico.

Los requisitos para la estabilización de los lodos generados con la aplicación de la lombricultura fueron los factores importantes, como la temperatura, pH, Humedad y Aireación.

La lombricultura como tratamiento para estabilizar los lodos residuales reduciendo los patógenos es efectiva, ya que ésta será reducida o eliminada de su composición inicial.

4.4 Discusión de Resultados

Al inicio de la investigación, los lodos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales son extraídos principalmente del tratamiento biológico, estos lodos no son aptos para uso de enmiendas agrícolas, por lo que se cataloga contaminante, realizando a posterior el tratamiento de lodos con la aplicación de la lombricultura por un lapso de 8 semanas, se pudo determinar que la calidad de los lodos mejoró, bajando en sus niveles de impurezas como son el nitrógeno amoniacal, nitritos y sulfatos, ya que por experiencias los Nitritos y Sulfatos podrían afectar a la tierra donde se dosificará, ya que éstas generarán acidez y alteración de la cadena de los seres vivos.

CONCLUSIONES

Finalizo la presente investigación teniendo las siguientes conclusiones:

1. Para la investigación a fin de tratar los lodos residuales se instalaron 2 lechos, en cámaras en serie, a cada uno se le adecuó rodeados de sardineles y el piso de concreto, la parte inferior facilita la recolección de los lixiviados, esto permitió que el agua no se empozara y produjera malos olores. Y asimismo estas cámaras están techadas para impedir el ingreso de aguas provenientes de las lluvias.
2. Con respecto a la temperatura que es un parámetro fundamental, al inicio del tratamiento, la temperatura de la cámara N° 01 y N° 02 estuvo en 21°C y 24 °C respectivamente, esto fue subiendo en cuando iban pasando las semanas, llegando al 17 de agosto a 28 °C y 30 °C respectivamente, por lo tanto, nos encontramos en un rango adecuado de temperatura
3. A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación se puede observar que en todos los tratamientos se produjo la eliminación de Nitrógeno amoniacal, Nitritos, Fosfato y Sulfatos en comparación con el lodo sin tratar, lo cual concuerda con Masciandaro (2000), donde afirma que la lumbricultura de los desechos provoca la transformación y la estabilización de la materia orgánica y reduce eficazmente los riesgos potenciales de impurezas.
4. Por un lapso de 8 semanas se pudo determinar que la calidad de los lodos mejoró, bajando en sus niveles de impurezas como son: el nitrógeno amoniacal, nitritos y sulfatos, ya que por experiencias los Nitritos y Sulfatos, podrían afectar a la tierra donde se dosificará porque generarían acidez y alteración de la cadena de seres vivos.

RECOMENDACIONES

Concluida la investigación recomiendo:

1. Se recomienda para próximas investigaciones realizar repeticiones a cada tratamiento puesto que, en este caso, no se realizó la variación en su composición con más detalle.
2. Realizar la presente investigación en épocas de lluvias, ya que podría haber cambios en la generación de abono orgánico.
3. Difundir la presente investigación a las instituciones públicas del estado y a nivel local a fin de tomar como referenciar para tratar los lodos y estas a su vez no afecte los factores ambientales.

BIBLIOGRAFIA

1. Edgar Virgilio Bedoya Justo (2018). Evaluación de tres sistemas de depuración para determinar su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas en Moquegua, año 2018. Moquegua Perú.
2. Estefanía Caridad Avilés Sacoto (2011) Determinación de la efectividad del proceso de Lombricultura como tratamiento para la estabilización de Lodos Residuales provenientes de una Planta de Tratamiento de Aguas.” Ecuador
3. Francisco Atencio, Jenny; Ramos Matías, Pedro; Aguirre Yato, Guilleremoc (2011). Aprovechamiento agrícola del lodo generado en la PTAR de Puente Piedra – Lima
4. Guzmán Sepulveda Marcelo Gustavo (2004), “Estudio de factibilidad de la aplicación del sistema toha en la planta de tratamiento de aguas servidas de Valdivia”.
5. Hernandez Borques Yessica Pamela (2005), “Anteproyectos de Construcción para aplicación del lombricultura al tratamiento de lombricultura al tratamiento de planta Llau-Llao de Salmonera invertec S.A”, Facultad de ciencias de la Ingeniería Escuela de Construcción Civil, Universidad Austral de Chile.
6. José Edgardo Acuña Marrufo, Br. Jean Jhonatan Reyes Sánchez (2017) Eficiencia de Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida en el Tratamiento de las Aguas Residuales en la Ciudad de Bagua-Amazonas, 2015. Amazonas, Perú.
7. Mariana Trejos Vélez, Natalia Agudelo Cardona (2012) Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa “comestibles la rosa” como alternativa para la generación de biosólidos. Colombia.

8. Maldonado P. Daniela (2012), “Tratamiento de Agua con organismo vivos”, Revista Sustentabit 12.
9. Salazar Miranda Patricia Isabel (2005), “Sistema tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales”, Facultad de Ciencias de la ingeniería, Universidad de Chile.

Páginas de Internet:

1. Gobierno de España (2013). Lodos de depuración de aguas residuales Extraído de la página web: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/lodos-depuradora/>
2. 722 PUNTOS DE CONTAMINACIÓN EXISTEN A LO LARGO DEL RÍO RÍMAC. Extraído de la página web: <https://diariocorreo.pe/ciudad/722-puntos-de-contaminacion-existen-a-lo-largo-del-rio-rimac-727686/>
3. CON BIOTECNOLOGÍA, JUEVES EMPRENDEDORES LIMPIAN AGUAS RESIDUALES Extraído de la página web: [http://cmas.siu.buap .mx/portal_pprd/wb/comunic/con_biotecnologia_jovenes_emprendedores_limpian_ag](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/wb/comunic/con_biotecnologia_jovenes_emprendedores_limpian_ag)
4. El 70% de aguas residuales en el Peru se vierte sin tratamiento, afirma viceministra. Extraído de la página web: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-el-70-aguas-residuales-peru-se-vierte-sin-tratamiento-afirma-viceministra-286553.aspx>
5. FISCALIZACIÓN AMBIENTAL EN AGUAS RESIDUALES (OEFA). Extraído de la página web: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
6. LOMBRIFILTRO. Extraído de la página web: [http://www.cbarq .com.ar/2015/05/lombrifiltros-tratamiento-y-recuperacion-de-efluentes-ecologico/](http://www.cbarq.com.ar/2015/05/lombrifiltros-tratamiento-y-recuperacion-de-efluentes-ecologico/)

7. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON LOMBRICES Extraído de la página web: <http://blogdelagua.com/tematica/depuracion/tratamiento-aguas-residuales-con-lombrices/>
8. COMO DEPURAR AGUAS SERVIDAS CON LOMBRICES. Extraído de la página web: <http://diarioecologia.com/como-depuran-aguas-servidas-solo-con-lombrices/>
9. CÓMO ESCRIBIR UNA TESIS. Extraído de la página web:
<http://es.wikihow.com/escribir-una-tesis>
10. COMO HACER UNA TESIS. Extraído de la página web:
http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bmn/como_hacer_una_tesis.pdf
11. MANUAL PARA LA ELABORACION DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN. Extraído de la página web:
<http://uphm.edu.mx/manuales/Manual-para-elaboracion-de-tesis-y-trabajos-de-investigacion.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA UTILIZANDO LOMBRICOMPOSTAJE DE LODOS DESHIDRATADOS EN COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR - 2019

<i>PROBLEMA GENERAL</i>	<i>OBJETIVO GENERAL</i>	<i>HIPÓTESIS GENERAL</i>
¿Utilizando lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar -2019?	Determinar si con la aplicación del lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar -2019.	Con la aplicación del lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar -2019 se cumplirá con la normativa para efluentes de aguas residuales domésticas.
<i>PROBLEMA ESPECÍFICO</i>	<i>OBJETIVO ESPECÍFICO</i>	<i>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la reducción del DBO, DQO, SST, aplicando el lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar? 2. ¿Cuál es el efecto que tiene el pH y temperatura en el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar? 3. ¿Cuáles son los beneficios aplicando el lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar la reducción del DBO, DQO, SST, aplicando el lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar. 2. Evaluar el efecto que tiene el pH y temperatura en el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar. 3. Determinar los beneficios aplicando el lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La reducción del DBO, DQO, SST, aplicando el lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar, cumplirá con la normativa para efluentes de aguas residuales domésticas. 2. El efecto que tiene el pH y temperatura en el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar se encontrara dentro de la normativa para efluentes de aguas residuales domésticas. 3. Los beneficios aplicando el lombricompostaje de lodos deshidratados podrá mejorar el tratamiento de agua residual domestica utilizado en Compañía Minera Chungar.

ANEXO N° 2

INFORME DE ENSAYO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Investigación: “Tratamiento de agua residual domestica utilizando lombricompostaje de lodos deshidratados en Compañía Minera Chungar -2019”

Tipo de Análisis: Abono Orgánico

Analizado por: ANDREA ANTONE, AGUERO CRUZ

Fecha: 18/08/2019

		LODO INICIAL	Cámara N° 1	Cámara N° 2
Metales Totales(mg/lit)	Nitrógeno amoniaco(mg/Kg seco)	2348,2	231,2	437,5
	Nitritos (mg/Kg seco)	2,60	0,05	0,04
	Fosfato (mg/Kg seco)	19,60	4,08	3,43
	Sulfatos (Hg)	190,7	45,8	66,5

ANEXO N° 3

FOTOGRAFÍAS DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA



VISTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS

