UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EFECTO DE LA *Eisenia foetida* LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA, EN EL LODO RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) MEDIA LUNA, ILO – MOQUEGUA.

TESIS

PRESENTADO POR:
BACHILLER RUBELL CRISTIAN TOBALA CRUZ

Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO AMBIENTAL

MOQUEGUA – PERÚ
2020

14

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN.

El Jurado suscribiente ha calificado el trabajo de Tesis,

TITULADO: EFECTO DE LA Eisenia foetida LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA, EN EL LODO RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) MEDIA ILO – MOQUEGUA

PRESIDENTE: M.Sc. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR

MIEMBROS: 1er Miembro MSc. EHRLICH YAM LLASACA CALIZAYA

2do Miembro Blga. ISABEL DEL CARMEN ESPINOZA REYNOSO

ASESOR: Dr. EDUARDO LUIS FLORES QUISPE

PRESENTADO POR EL BACHILLER: RUBELL CRISTIAN TOBALA CRUZ

DE LA PROMOCIÓN: 2013-I

CUYOS RESULTADOS HAN SIDO LOS SIGUIENTES:

CALIFICATIVO DEL TRABAJO: 14

CALIFICATIVO DE LA SUSTENTACIÓN: 15

CALIFICATIVO FINAL: 15

POR LO EXPUESTO, EL BACHILLER: RUBELL CRISTIAN TOBALA CRUZ

HA SIDO DECLARADO EXPEDITO PARA QUE SE LE CONFIERA EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

EN FE DE ELLO QUEDA ASENTADA LA PRESENTE ACTA

Ilo, a los 30 días de diciembre de 2020

Presidente

Miembro

Miembro

DEDICATORIA

A Dios quien es mi guía y protector, a mi padre Diego, mis abuelos Rosa y Felipe quienes desde el cielo me cuidan y mi madre Rosa, que siempre me brinda su apoyo incondicional en todos los proyectos que realizo y de quien he aprendido a ser una persona de bien.

A mis hermanos: Alexandra, Paolo y Denisse, quienes son mi motor y motivo para seguir adelante y de los cuales quiero ser un ejemplo a seguir.

A mi enamorada Liliana, por estar a mi lado y ser la persona que me inspira a seguir adelante, lo cual me demuestra que siempre podré contar con ella.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Moquegua, en especial la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por la formación académica brindada.

A la Municipalidad Provincial de Ilo por brindarme un espacio para la ejecución de mi trabajo de investigación.

A la Empresa Prestadora de Servicios Ilo por dar las facilidades para la recolección del lodo residual, el cual sirvió para la ejecución del proyecto de tesis.

A mis Jurados: MSc. Juan Luis Ccamapaza Aguilar, MSc. Ehrlich Yam Llasaca Calizaya y Blga. Isabel del Carmen Espinoza Reynoso, por sus sugerencias, aportes e interés hacia mi trabajo de investigación, lo cual me demuestra su profesionalismo.

Al Dr. Eduardo Luis Flores Quispe, Asesor de mi Tesis y Docente Ordinario de la Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, por sus aportes y sugerencias en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A la Mg. Vilma Amalia Vilca Cáceres, Docente de la Universidad Nacional de Moquegua, quien desde un inicio me apoyo con sus aportes y sugerencias para la ejecución de mi trabajo de investigación.

Al Ing. Marco Alexis Vera Zúñiga, Docente de la Universidad Nacional de Moquegua, quien me ofreció su apoyo desinteresado para la elaboración de mi trabajo de investigación.

RESUMEN

En el Perú, las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR, originan un subproducto llamado lodo residual. Existe un dilema entre su tratamiento y disposición final. Por lo tanto, es necesaria su estabilización antes de su disposición en el ambiente, además su aplicación al suelo aporta nutrientes esenciales y mejora sus propiedades físicas y químicas.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la *Eisenia foetida* lombriz roja californiana en el lodo residual, para lo cual se recolectó (81) ochenta y un kilos de lodo residual y se envió una muestra (01 kg) al laboratorio para su análisis químico correspondiente. Para el desarrollo de la investigación se aplicó (05) cinco tratamientos con diferentes densidades (0, 80, 120, 160 y 200 individuos) con cuatro repeticiones.

Para la evaluación estadística de los resultados, se efectuó el análisis de variancia (ANOVA), con prueba de significancia de Fisher al 5%, para diferenciar la variación entre tratamientos.

Los resultados de la investigación concluyen que existen diferencias significativas de los parámetros de pH, temperatura y humedad durante el tratamiento del lodo residual, asimismo existe una diferencia significativa en las densidades de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, el tratamiento (T4), con una densidad inicial de 200 individuos, registró el mayor incremento de individuos, respecto a los demás tratamientos (T1, T2 y T3), mientras que el tratamiento (T1), registró un menor incremento de individuos. Se comprobó que existen diferencias significativas en los parámetros químicos (Materia orgánica, Fósforo P2O5, Potasio K2O, Relación Carbono / Nitrógeno y Nitrógeno N) antes y después del tratamiento del lodo residual, estos resultados demuestran que el lodo residual final tiene un alto contenido de macronutrientes.

Palabras Claves: Lombricultura, lodo residual, lombriz roja californiana *Eisenia foetida.*

ABSTRACT

In Peru, the Wastewater Treatment Plants - WWTP, originate a by-product called residual mud. There is a dilemma between its treatment and final disposal. Therefore, it is necessary to stabilize it before its disposal in the environment. In addition, its application to the soil provides essential nutrients and improves its physical and chemical properties.

The objective of this research work is to evaluate the effect of *Eisenia foetida* California Red Worm on the residual mud, for which (81) eighty-one kilos of residual mud were collected and a sample (01 kg) was sent to the laboratory for its corresponding chemical analysis. For the development of the research, (05) five treatments with different densities (0, 80, 120, 160 and 200 individuals) were applied with four repetitions.

The results of the research conclude that there are significant differences in the parameters of pH, temperature and humidity during the treatment of the residual mud, also there is a significant difference in the densities of the Californian red worm *Eisenia foetida*, the treatment (T4), with an initial density of 200 individuals, registered the biggest increase, with regard to the other treatments (T1, T2 and T3), while the treatment (T1), registered a smaller increase. It was proved that there are significant differences in the chemical parameters (Organic matter, Phosphorus P2O5, Potassium K2O, Carbon/Nitrogen ratio and Nitrogen N) before and after the sewage sludge treatment, these results demonstrate that the final sewage sludge has a high content of macronutrients.

For the statistical evaluation of the results, the analysis of variance (ANOVA), with Fisher's 5% significance test, was performed to differentiate the variation between treatments.

Keywords: Worm culture, residual mud, Californian red worm *Eisenia foetida*.

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Pág.**

I. INTRODUCCIÓN..... 12

1.1. Descripción y formulación del problema. 13

1.1.1. Descripción del problema 13

1.1.2. Formulación del problema. 14

1.1.3. Interrogante General. 14

1.1.4. Interrogantes Específicas. 14

1.2. Antecedentes. 15

1.3. Objetivos. 16

1.3.1. Objetivo General. 16

1.3.2. Objetivos Específicos. 16

1.4. Justificación e Importancia. 17

1.5. Hipótesis. 18

1.5.1. Hipótesis General. 18

1.1.2. Hipótesis Específicas. 18

II. MARCO TEÓRICO. 19

2.1. Bases Teóricas. 19

- Lombriz roja californiana *Eisenia foetida*. 19
- Hábitat…… 19
- Lombricultura. 19
- Lodos Residuales. 20

III. MÉTODO. 21

3.1. Tipo y Nivel de Investigación. 21

3.1.1. Tipo de investigación. 21

3.1.2. Nivel de Investigación. 21

3.2. Ámbito temporal espacial. 21

3.3. Población y muestra. 22

3.3.1 La población. 22

3.3.2 Muestra…….. 22

3.4 Instrumentos 22

3.5 Procedimientos 22

3.5.1 Diseño de investigación. 22

3.5.1.1 Características del área experimental. 23

3.5.1.2 Conducción del experimento. 24

3.5.1.3 Recolección de lodos residuales para el tratamiento. 25

3.5.1.4 Toma de muestra de lodo residual para su análisis. 25

3.5.1.5 Conservación y transporte de las muestras. 27

3.5.1.6 Método de Ensayo. 27

3.5.1.7 Traslado de lodos. 28

3.5.1.8 Acondicionamiento del lodo. 28

3.5.1.9 Obtención de la materia prima para la elaboración del sustrato. 28

3.5.1.10 Obtención de lombrices. 28

3.5.1.11 Características de la Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida*. 29

3.5.1.12 Principales parámetros para la reproducción y crecimiento de la lombriz. 30

3.5.1.13 Camas. 31

3.5.1.14 Preparación de camas. 31

3.5.1.15 Control y Monitoreo: 33

3.4.1.1 Control de la temperatura a través de los volteos. 33

3.4.1.2 Control de la humedad a través de riegos. 34

3.4.1.3 Evaluación de la densidad de lombrices. 34

3.5 Análisis de datos 35

3.5.1 Análisis de varianza. 35

3.5.2 Prueba de significación según Tukey. 35

3.5.3 Desviación estándar. 35

IV. RESULTADOS 36
4.1 Evaluación de los registros obtenidos en el monitoreo de los parámetros de pH, temperatura y humedad del lodo residual durante el tratamiento con la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana..... 36
4.1.1 Potencial de Hidrógeno – pH 36
4.1.2 Temperatura. 39
4.1.3 Humedad. 43
4.2 Determinación de la densidad de la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana después del tratamiento con lodo residual. 46
4.3 Análisis los parámetros químicos del lodo residual antes y después del tratamiento. 49
4.4 Parámetros de laboratorio 50
4.4.1 Materia Orgánica: 50
4.4.2 Fósforo (P2O5): 52
4.4.3 Potasio (K2O): 55
4.4.4 Relación C/N: 57
4.4.5 Nitrógeno (N): 59

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 62

VI. CONCLUSIONES 65

VII. RECOMENDACIONES 66

VIII. REFERENCIAS 67

IX. ANEXOS 69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación del Área de Investigación. 21
Tabla 2 Características del Módulo Experimental. 23
Tabla 3 Características de las Unidades Experimentales. 24
Tabla 4 Parámetros a caracterizar. 26
Tabla 5 Detalle del Peso de las Muestras por Tratamientos. 27
Tabla 6 Datos del Laboratorio Acreditado. 27
Tabla 7 Registro de Promedios y Desviación Estándar del pH de las Unidades Experimentales. 36
Tabla 8 Análisis de Varianza de pH. 37
Tabla 9 Prueba de Tukey de Valores de pH. 38
Tabla 10 Registro de Promedios y Desviación Estándar de la Temperatura de las Unidades Experimentales. 40
Tabla 11 Análisis de Varianza de Temperatura. 41
Tabla 12 Prueba de Tukey de Valores de Temperatura. 42
Tabla 13 Registro de Promedios de Humedad de las Unidades Experimentales. 43
Tabla 14 Análisis de Varianza de Humedad. 44
Tabla 15 Prueba de Tukey de Valores de Humedad. 45
Tabla 16 Registro de Promedios de Densidades de las Unidades Experimentales 47
Tabla 17 Análisis de Varianza para las densidades 48
Tabla 18 Características Químicas y Desviación Estándar del Lodo Residual. 49
Tabla 19 Análisis de Varianza de Materia Orgánica. 50
Tabla 20 Prueba de Tukey para Valores de Materia Orgánica. 51
Tabla 21 Análisis de Varianza del Fósforo (P2O5). 53
Tabla 22 Prueba de Tukey para Valores de Fósforo (P2O5). 53
Tabla 23 Análisis de Varianza del Potasio (K2O). 55
Tabla 24 Prueba de Tukey para Valores de Potasio (K2O). 56
Tabla 25 Análisis de Varianza de Relación C/N. 57
Tabla 26 Prueba de Tukey para Valores de Relación C/N. 58
Tabla 27 Análisis de Varianza de Nitrógeno (N). 59
Tabla 28 Prueba de Tukey para Valores de Nitrógeno (N). 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lugar Destinado para la Ejecución de la Tesis..... 23
Figura 2: Construcción del Módulo Experimental..... 24
Figura 3: Recolección de Lodos Residuales..... 25
Figura 4: Toma de muestra de Lodo Residual..... 26
Figura 5: Compra de la Lombriz Roja Californiana……..29
Figura 6: Construcción de Camas para las Lombrices..... 31
Figura 7: Esquema del Tratamiento de los Lodos Residuales..... 32
Figura 8: Medición del Parámetro de pH..... 33
Figura 9: Verificación de la Densidad de las Lombrices..... 34
Figura 10: Desviación Estándar del pH..... 37
Figura 11: Gráfico de Medias del Parámetro de pH..... 39
Figura 12 Desviación Estándar de la Temperatura por Tratamiento..... 40
Figura 13: Gráfico de Medias del Parámetro de Temperatura..... 42
Figura 14: Desviación Estándar de Humedad por Tratamiento..... 44
Figura 15: Gráfico de Medias del Parámetro de Humedad..... 46
Figura 16: Promedio de Individuos por Tratamiento..... 47
Figura 17: Gráfico de Desviación Estándar de la Materia Orgánica..... 52
Figura 18: Gráfico de Desviación Estándar del Fósforo (P2O5)..... 54
Figura 19: Gráfico de Desviación Estándar del Potasio (K2O)..... 56
Figura 20: Gráfico de Desviación de la Relación Carbono / Nitrógeno..... 58
Figura 21: Gráfico de Desviación Estándar del Nitrógeno..... 60

I. Introducción

Toda actividad humana que se realiza requiere de agua, estás generan residuos líquidos conocidos como aguas residuales, las cuales deben de ser tratadas antes de su disposición final, del tratamiento de las aguas residuales se generan residuos remanentes llamados lodos residuales, los cuales son considerados residuos sólidos según la Ley Integral de Gestión de Residuos Sólidos (Decreto Legislativo 1278).

En el año 2017 se aprobó el Reglamento para el Aprovechamiento de los Lodos generados en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, a partir de esto se ha iniciado la búsqueda de tecnologías eficientes y económicas para el tratamiento de los lodos residuales surgiendo como una alternativa el Lombricompostaje el cual resulta ser viable debido su bajo coste y eficiencia.

En el lombricompostaje, las lombrices llevan a cabo un proceso fisiológico de digestión de los residuos orgánicos, sin dejar fuera la participación de los microorganismos. De esta manera la materia orgánica contenida en los lodos residuales es fragmentada, descompuesta y estabilizada.

La Provincia de Ilo cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales ubicada en el sector de Media Luna la cual es administrada por la EPS Ilo, actualmente se viene realizando un inadecuado tratamiento y disposición final de los lodos residuales debido a su elevado costo de mantenimiento y operación.

El presente trabajo de investigación busca evaluar el efecto de la Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida* en el lodo residual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Media Luna, Ilo – Moquegua como una alternativa de solución al problema de contaminación generada por los lodos residuales.

1.1. Descripción y formulación del problema.

1.1.1. Descripción del problema

El desarrollo de las naciones produce el fenómeno del urbanismo, trayendo consigo problemas tan grandes como la generación continua y progresiva de todo tipo de residuos, sólidos, líquidos y gaseosos. (Vélez, 2017)

En el Perú, la gestión integral de residuos sólidos aún es un tema pendiente en la agenda de las autoridades municipales. En muchos casos los residuos son depositados al aire libre sin tratamiento previo, situación que se agrava con el crecimiento poblacional y la expansión de áreas urbanas (Ministerio del Ambiente, 2011)

Los lodos residuales generados por una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), son considerados residuos sólidos, los cuales generan impactos negativos en el ambiente debido a su inadecuado tratamiento y disposición final (Ministerio del Ambiente, 2017).

La Planta de Tratamiento de las Aguas Residuales PTAR – Media Luna funciona a través del sistema de Lagunas de Estabilización ubicadas en la playa Media Luna en el distrito de Pacocha, estas fueron construidas en el año 1994 y consta de una laguna primaria aireada, dos lagunas secundarias facultativas y dos lagunas terciarias facultativas, las cuales reciben todos los desagües de la provincia de Ilo para su tratamiento (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 2019).

1.1.2. Formulación del problema.

Actualmente la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) – Media Luna”, realiza un inadecuado tratamiento y disposición final de los lodos residuales generados en su proceso, los cuales son dispuestos en un campo abierto que no cumple con las medidas necesarias de seguridad, ocasionando impactos negativos en el ambiente.

1.1.3. Interrogante General.

- ¿Qué efecto ocasiona la *Eisenia foetida* lombriz roja californiana en el lodo residual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Media Luna, Ilo – Moquegua?

1.1.4. Interrogantes Específicas.

- ¿Los parámetros de pH, temperatura y humedad presentan variaciones significativas durante el tratamiento del lodo residual?

- ¿Existe alguna diferencia significativa entre las densidades después el tratamiento del lodo residual?

- ¿Los parámetros químicos del lodo residual presentan variaciones significativas antes y después del tratamiento?

1.2. Antecedentes.

(Vera, 2015), en su investigación: Estabilización de Lodos Residuales Municipales por medio de la Técnica de Lombricompostaje, tuvo como objetivo estimar la eficacia del lombricompostaje para la estabilización del lodo sin tratamiento de acuerdo a la Normativa Oficial Mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002). Se tomaron muestras de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales y fueron caracterizados con parámetros microbiológicos, parasitológicos y físico-químicos. El efecto de la Lombriz (*Eisenia spp*.) en los lodos residuales, se evaluó a través de cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno (T1= Lodo residual crudo, T2= Lodo residual + lombrices, T3= Lodo residual + composta + lombrices, T4= Lodo residual + materia vegetal fresca + lombrices). Los resultados fisicoquímicos demostraron un gran potencial como fertilizante orgánico, sin embargo, sus valores de coliformes fecales, lo limita sólo para su uso en la forestación. Los tratamientos T3 y T4, que manifestaron un aumento significativo en la población de lombrices, fueron los más eficientes en la eliminación de helmintos y coliformes fecales, pero no lo lograron con la eliminación de la Salmonella.

(Agudelo & Trejos, 2012), en su investigación: 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 biosólido, analizaron las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los lodos generados en la PTAR de la Empresa Comestibles La Rosa, dando resultados positivos para su uso como enmienda de suelos. La evaluación del comportamiento de los parámetros como temperatura, humedad, pH y oxigenación en las distintas etapas del proceso, demostraron la eficacia del compostaje de lodos, ademas de regenerador de suelos y como alternativa frente a los fertilizantes químicos.

(Almanya A., 2010). En su investigación: Transformación de solidos provenientes de lodos generados en el sistema de alcantarillado de Bogotá mediante Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), concluyó que: “En la prueba piloto, la lombricultura resultó ser una técnica de aplicación sencilla y de resultados viables en cuanto a la transformación de los sólidos residuales que

resultan de la deshidratación del lodo proveniente del alcantarillado de Bogotá. La temperatura y la humedad son variables independientes, susceptibles a los cambios propios de la dinámica ambiental y debido a eso es fundamental generar las condiciones necesarias para mantenerlas bajo control y supervisión durante el desarrollo del proceso de lombricultura".

(Mallia M., 2008). En su investigación: Utilización de la lombricultura en la transformación de lodo residual de una empresa productora de papel en abono orgánico (humus), concluyó que: "La transformación de lodo residual a través de la lombricultura es ecológicamente beneficiosa, ya que se reduce la cantidad de desechos con destino al vertedero, y se obtiene un producto de mayor valor agregado que sirve como enmienda para suelos agrícolas, con la ventaja de que no hay límite en la cantidad que se utilice para este fin".

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Evaluar el efecto de la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana en el lodo residual de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Media Luna, Ilo – Moquegua.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar los registros obtenidos en el monitoreo de los parámetros de pH, temperatura y humedad del lodo residual durante el tratamiento con la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana.

- Determinar la densidad de la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana después del tratamiento con lodo residual.

- Analizar los parámetros químicos del lodo residual antes y después del tratamiento.

1.4. Justificación e Importancia.

El presente trabajo de investigación busca dar una alternativa de solución al problema de contaminación ambiental generado por el inadecuado tratamiento y disposición final de los lodos residuales, mediante la aplicación de la técnica de la lombricultura, teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de la lombriz *Eisenia foetida* en el lodo residual a nivel experimental.

La técnica de la lombricultura en el tratamiento de los lodos residuales resulta ser más económica con respecto a otros tratamientos utilizados como la disposición en Rellenos Sanitarios de Seguridad o la Incineración. Además, la aplicación de esta técnica, no genera impactos negativos en el ambiente, al ser considerada una tecnología limpia.

La aplicación de este tratamiento, generará un subproducto denominado humus el cual puede ser usado como abono en el sector agrícola y también como enmienda orgánica en la restauración de suelos, disminuyendo el impacto negativo en el ambiente.

Actualmente el departamento de Moquegua cuenta con un proyecto agrícola denominado “Proyecto Especial Pasto Grande”, el cual tiene destinado aproximadamente 1700 hectáreas para uso agrícola, por lo que habrá un incremento en la demanda de abonos orgánicos, siendo una razón que motiva la realización del presente trabajo de investigación.

Como egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, es un deber el promover la investigación, para poder dar solución a los problemas que se presentan en nuestro departamento, generando así nuevos conocimientos que puedan servir como antecedentes para futuras investigaciones.

1.5. Hipótesis.

1.5.1. Hipótesis General.

- La *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana causa efecto en el lodo residual.

1.1.2. Hipótesis Específicas.

H_0: El lodo residual no presenta variaciones en los parámetros de pH, temperatura y humedad durante el tratamiento.

H_i: El lodo residual presenta variaciones en los parámetros de pH, temperatura y humedad durante el tratamiento.

H_0: Las densidades no presentan diferencias significativas después del tratamiento del lodo residual.

H_i: Las densidades presentan diferencias significativas después del tratamiento del lodo residual.

H_0: El lodo residual no presenta variaciones significativas en sus parámetros químicos antes y después del tratamiento.

H_i: El lodo residual presenta variaciones significativas en sus parámetros químicos antes y después del tratamiento.

II. Marco Teórico.

2.1. Bases Teóricas.

- **Lombriz roja californiana *Eisenia foetida*.**

Son individuos que no poseen esqueleto (invertebrados) del tipo anélidos. Tienen un sistema muscular muy desarrollado lo que les facilita su movimiento. No poseen ojos pero si células especiales en todo el cuerpo sensibles a la luz solar. Casi un cuarto de longitud desde la cabeza, presenta un anillo llamado Clitelium 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 (Avilés, 2011).

- **Hábitat.**

Vive en zonas de clima templado y habita en los primeros 50 cm. de suelo. Su temperatura corporal es de 15 a 20 º C., y la temperatura óptima para su crecimiento está entre los 12 y 25 º C. Requiere de humedad del 70% que facilita su alimentación y deslizamiento. El pH óptimo para su desarrollo es de 7. Fuera de este entra en latencia, si es menor desarrolla una plaga llamada planaria. Es fotofóbica, los rayos solares la matan (Barbado, 2003).

- **Lombricultura.**

Es aquella biotecnología que permite emplear a un agente biológico como la lombriz para transformar residuos orgánicos, biodegradables a escala industrial, en humus, así como generar proteína no convencional y lombrices para fines curativos (Najas, Zoraida, Morales, Nelly, & Chávez P., 2012).

Es el cultivo – desarrollo de poblaciones – de lombrices. Un proceso limpio y de fácil aplicación para reciclar una amplia y variada gama de residuos biodegradables (restos orgánicos), produciendo abono y lombrices (Shuldt, 2006).

Es un proceso en el cual se emplean lombrices que durante su digestión transforman la materia orgánica aprovechando los desechos biodegradables para obtener un abono de alta calidad: humus, un mejorador natural de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Barbado, 2003).

Vermicomposteo es el uso de lombrices para estabilizar la materia orgánica. Las lombrices de la especie *Eisenia foetida* comen lodo residual y producen un residuo conocido como vermicomposta. Mediante este proceso es posible reducir a 100% los patógenos presentes en el lodo (Cardoso & Ramírez, 2002).

- **Lodos Residuales.**

Los lodos se generan como subproductos de manufactura, extracción o transformación, del tratamiento del agua residual en donde se concentran los contaminantes presentes en el agua transformados o combinados que pueden afectar al medio ambiente o no; por lo general los lodos de desechos de plantas de tratamiento son potencialmente peligrosos y requieren el análisis de Corrosividad, Reactividad, Toxicidad, Inflamabilidad y Biológico infeccioso (CRETIB) (Cardoso & Tomasini, 2002).

III. Método.

3.1. Tipo y Nivel de Investigación.

3.1.1. Tipo de investigación.

- Experimental.

3.1.2. Nivel de Investigación.

- Relacional.

3.2. Ámbito temporal espacial.

La presente investigación se ejecutó en el Vivero Municipal de la Municipalidad Provincial de Ilo, Políticamente se encuentra en el Distrito de Ilo, Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua.

Tabla 1

Ubicación del Área de Investigación.

Coordenadas UTM (WSG - 84), Zona 19 k			
Lugar	**Este**	**Norte**	**Altitud**
Vivero Municipal	251706.00	8049887.00	15 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población y muestra.

3.3.1 La población.

- Lecho de secado de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) Media Luna – Ilo.

3.3.2 Muestra.

- Lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) Media Luna – Ilo.

3.4 Instrumentos

- **Multiparámetro:** Medidor de Bolsillo marca EZODO 8200 (Medición de temperatura y pH).
- **Tensiómetro:** Marca Irrometer Modelo ISR-150.
- **Balanza de mano:** Marca Sourcing Map Balanza de Resorte de Mano Portátil Colgante.
- **Cámara Fotográfica:** Marca Sony "DSC – W830".
- **Laptop:** Marca Toshiba Satellite a 550.
- **Programa Estadístico IBM SPSS:** Versión 26.0.
- **Programa Microsoft Excel:** Versión 2019.
- **Programa Arcgis:** Versión 10.7.

3.5 Procedimientos

3.5.1 Diseño de investigación.

Para la ejecución de la investigación se implementó un módulo experimental prefabricado a base de madera, triplay y calaminas fibra forte, cuyas dimensiones fueron de 3 x 3 m, haciendo un total de 9 m^2, área en la que se instaló las cajas con el lodo residual y las lombrices.

3.5.1.1 Características del área experimental.

El módulo experimental, presentó las siguientes características:

Tabla 2

Características del Módulo Experimental.

Área Total	9 m^2
Largo	3 m
Ancho	3 m

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1: *Lugar Destinado para la Ejecución de la Tesis – Elaboración Propia.*



Figura 2: *Construcción del Módulo Experimental – Elaboración Propia*

Tabla 3

Características de las Unidades Experimentales.

Columnas	5
Filas	4
Distancia entre columnas	0.25 m
Nº de unidades experimentales	20
Nº de tratamientos	5
Nº de repeticiones	4

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.2 Conducción del experimento.

El presente trabajo de investigación se ejecutó durante los meses de Mayo a Octubre del 2018, en los cuales se realizó las siguientes actividades:

3.5.1.3 Recolección de lodos residuales para el tratamiento.

Mediante documento se solicitó a la Empresa Prestadora de Servicios – EPS Ilo la autorización de ingreso y posterior recojo de los “lodos residuales”, de los lechos de secado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR Media Luna del Distrito de Pacocha, Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua de donde se recolectó los (81) ochenta y un kilos de lodo residual.



Figura 3: *Recolección de Lodos Residuales – Elaboración Propia*

3.5.1.4 Toma de muestra de lodo residual para su análisis.

Para el pesaje de la muestra del lodo residual, se utilizó una balanza de mano marca Sourcing Map Balanza de Resorte de Mano Portátil Colgante. Para el pesaje (01) un kilogramo y para el almacenamiento de la muestra se utilizó una bolsa con cierre hermético (bolsa ziploc), la cual fue enviada al Laboratorio de Suelos de La Universidad Nacional Agraria la Molina para su posterior análisis químico.



Figura 4: *Toma de muestra de Lodo Residual – Elaboración Propia*

Tabla 4

Parámetros a caracterizar.

Parámetros de Campo	**Parámetros de Laboratorio**
pH	Nitrógeno (N)
Temperatura (T)	Carbono/Nitrógeno
Humedad	Fosforo (P2O5)
	Potasio (K2O)
	Materia Orgánica

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

Detalle del Peso de las Muestras por Tratamientos.

Nº	Cantidad de Muestras	Peso por Unidad	Peso Total	Descripción
01	1	1 kg.	1 kg.	Se envió al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina. (antes del tratamiento)
02	20	1 kg.	20 kg.	Se envió al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina. (Después del tratamiento).

Fuente: Elaboración propia.

3.5.1.5 Conservación y transporte de las muestras.

Las muestras de lodo residual recolectado fueron colocadas en bolsas ziploc para brindarle la protección adecuada. Se envió las muestras al Laboratorio de Suelos de la Universidad Agraria La Molina en la ciudad de Lima.

3.5.1.6 Método de Ensayo.

Para el análisis químico de las muestras se trabajó con el siguiente laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad:

Tabla 6

Datos del Laboratorio Acreditado.

Empresa	Dirección	N° Cédula de Notificación	Periodo de Vigencia	Teléfono
Universidad Nacional Agraria La Molina	Av. La Molina (Ex. Av. Universidad) Nº 595, La Molina - Lima	0274.2014/SNA-INDECOPI	2014-02-03 al 2021-02-03	349 2507 349 5640 349 1066 349 2191

Fuente: Directorio De Laboratorios Acreditados – INACAL.

3.5.1.7 Traslado de lodos.

Los lodos fueron trasladados de la PTAR de Ilo al Vivero Municipal de la Municipalidad Provincial de Ilo.

3.5.1.8 Acondicionamiento del lodo.

Una vez transportados los lodos al sitio donde se realizó la investigación, éstos fueron extendidos en un plástico de doble hoja y se procedió a humedecer los lodos y así poder colocarlos en la camas (unidades experimentales) acondicionados para la ejecución de la investigación.

3.5.1.9 Obtención de la materia prima para la elaboración del sustrato.

El sustrato depositado en las camas constó básicamente de lodo residual.

3.5.1.10 Obtención de lombrices.

Para la ejecución de la investigación, se compraron cuatro (04) kilos de *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana en etapa juvenil las cuales fueron transportadas en un cooler para mantener en las condiciones climáticas necesarias hasta el inicio del tratamiento con los lodos residuales.



Figura 5: *Compra de la Lombriz Roja Californiana – Elaboración Propia*

3.5.1.11 Características de la Lombriz Roja Californiana *Eisenia foetida.*

Viven unos quince años y pueden reproducirse en una relación de una a mil doscientas al año. Tienen un cuerpo alargado y segmentado. Alcanzan una longitud de 7 a 10 cm, un diámetro de 2 a 4 mm y un peso de 1 a 1.5 gr. Tienen dos capaz musculares una circular externa y otra longitudinal interna (Shuldt, 2006).

Al nacer son blancas, a los 5 o 6 días de nacidas se vuelven rosadas y a los 120 días ya son de color rojizo y sexualmente adultas. Es hermafrodita pero a pesar de tener órganos sexuales masculinos y femeninos en el cuerpo necesita aparearse con otro individuo para la reproducción. La cópula se da cada 7 a 10 días. Luego cada individuo coloca un huevo de unos 2mm del cual emergen de 2 a 21 lombrices después de una incubación de 14 a 21 días. Desde el momento que nacen pueden alimentarse por sí mismas (Compagnoni & Putzolu, 2018).

Su aparato circulatorio está formado por vasos sanguíneos, uno dorsal y otro ventral. Posee vasos sanguíneos que transportan la sangre por todo el cuerpo y cinco pares de corazones. Su sistema nervioso es ganglionar, posee dos ganglios supra esofágicos. El aparato excretor está formado por nefritos y posee seis riñones (Avilés, 2011)

Las lombrices prefieren sitios húmedos, no toleran las sequías ni las heladas, de aquí que los suelos arenosos, secos, y los de poco espesor sobre roca son un medio favorable para ellas (Compagnoni & Putzolu, 2018).

Necesitan un suelo aireado, así bajo una cierta condición de manejo del suelo. Son más numerosas en suelos francos que en los arenosos, de grava, y que en los arcillosos (Shuldt, 2006)

3.5.1.12 Principales parámetros para la reproducción y crecimiento de la lombriz.

La temperatura considerada óptima para el desarrollo de las lombrices, oscila entre 18ºC a 25ºC (su temperatura corporal es de 19ºC a 20ºC). Cuando la temperatura desciende por debajo de los 15ºC las lombrices entran en un periodo de latencia, disminuyendo su actividad y su tasa de reproducción (Cardoso & Tomasini, 2002)

Los valores óptimos de pH para la cría de lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, van de 5.5 (pH acido) a 8.4 (pH alcalino). Siendo el ideal de 6.8 a 7.2. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con pH ácido en el sustrato puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria (Almanya A., 2010)

Una humedad de alrededor del 70% es la ideal en la elaboración de lombricompostaje. Arriba de este rango, se considera una humedad excesiva que resulta en el desarrollo de condiciones anaeróbicas. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz ya que

un déficit de humedad origina una oxigenación deficiente. Las lombrices toman el alimento succionando, por tanto, la existencia de humedad les facilita dicha operación. (Agudelo & Trejos, 2012).

3.5.1.13 Camas.

Se construyeron camas denominadas “unidades experimentales”, las cuales fueron hechas de cartón grueso, plástico, cinta y mallas de tela con dimensiones de 70cmx50cmx30cm, el número de camas fue de 20, debido a que el diseño experimental fue de 5 tratamientos con 4 repeticiones.

3.5.1.14 Preparación de camas.

Para la preparación de las camas (unidades experimentales), se colocó el lodo residual, luego se adicionaron las lombrices en diferentes densidades (0, 80, 120, 160 y 200), se regó cada cama con agua para mantener la humedad entre 70% y 80%, finalmente las camas fueron cubiertas con tapas acondicionadas, con la finalidad de que las lombrices sean protegidas de los rayos del sol y para que exista la suficiente aireación, condiciones necesarias para su desarrollo.



Figura 6: *Construcción de Camas para las Lombrices – Elaboración Propia.*

Al ser cinco (05) tratamientos diferentes con cuatro (04) repeticiones, se tuvo el siguiente esquema:

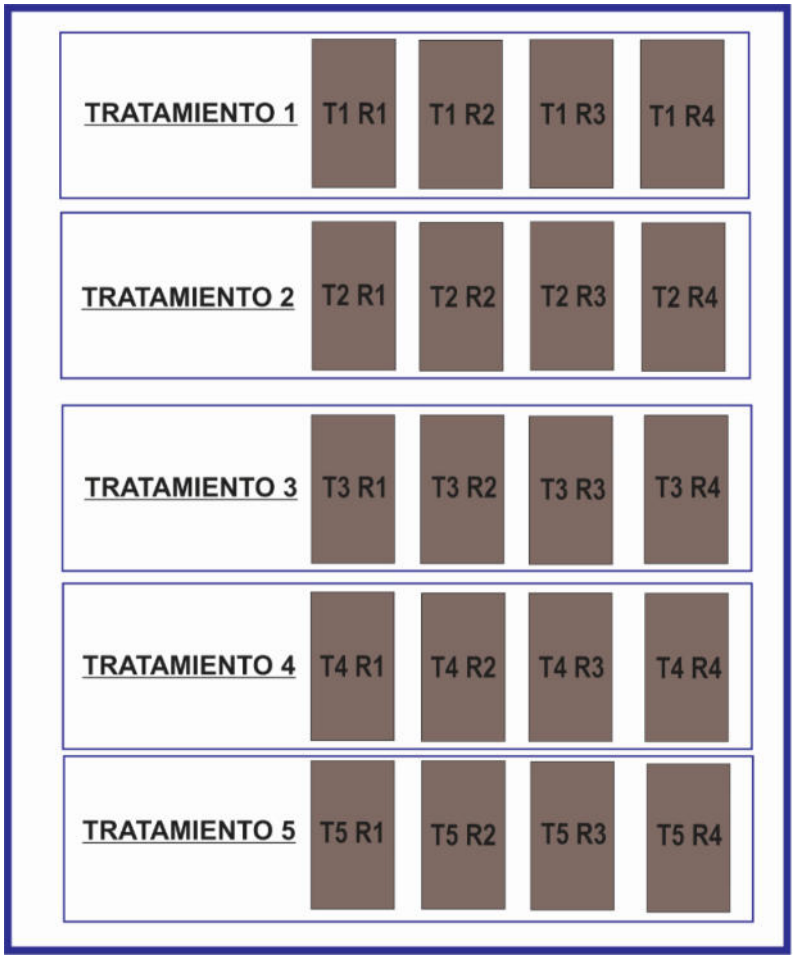


Figura 7: Esquema del Tratamiento de los Lodos Residuales – Elaboración Propia

Dónde:

Tratamiento 1 = Densidad 1
Tratamiento 2 = Densidad 2
Tratamiento 3 = Densidad 3
Tratamiento 4 = Densidad 4
Tratamiento 5 = Densidad 5

R – 1: Repetición 1
R – 2: Repetición 2
R – 3: Repetición 3
R – 4: Repetición 4

3.5.1.15 Control y Monitoreo:

Durante el transcurso del experimento se realizó la medición de los parámetros de temperatura, pH y humedad para lo cual se utilizó un Multiparámetro: Medidor de bolsillo marca EZODO 8200 (Medición de temperatura y pH) y un Tensiómetro: Marca Irrometer Modelo ISR-150, esta medición se realizó cada 4 días.



Figura 8: *Medición del Parámetro de pH – Elaboración Propia.*

3.4.1.1 Control de la temperatura a través de los volteos.

Las temperaturas no deben exceder a los 25 º C, debido a que el alimento tiende a perder calidad como sustrato alimenticio, por lo que procede a controlar las temperaturas de las unidades experimentales por medio del volteo, el cual no solo airea a la pila sino que hace que este proceso de fermentación aeróbica sea mejor para los microorganismos en la descomposición del sustrato orgánico.

3.4.1.2 Control de la humedad a través de riegos.

Los riegos se hicieron cada cuatro días, por lo general se mantuvo la humedad cercana al 70% y se verificó que tuviera una aireación adecuada.

3.4.1.3 Evaluación de la densidad de lombrices.

El muestreo de las lombrices se efectuó usando un recipiente de plástico y la extracción de la muestra se realizó a manera de sacabocado utilizando una pinza adecuada.

La primera evaluación del muestreo sobre la población de lombrices fue a los 30 días de la siembra. La evaluación consistió en determinar el número de individuos. La segunda evaluación fue a los 60 días de sembradas las lombrices, una tercera evaluación se realizó a los 90 días y la última evaluación a los 120 días.



Figura 9: Verificación de la Densidad de las Lombrices – Elaboración Propia

3.5 Análisis de datos.

Para el análisis de datos se utilizó los siguientes métodos y pruebas estadísticos.

3.5.1 Análisis de varianza.

- Para el Análisis de la Varianza se utilizó el Programa Estadístico IBM SPSS: Versión 26.0. empleando una significancia del 0.05 % para ver si existía o no alguna diferencia significativa entre los tratamientos (parámetros a evaluar).

3.5.2 Prueba de significación según Tukey.

Esta prueba estadística se utilizó para comparar las medias individuales provenientes de los parámetros analizados en campo y en laboratorio para lo cual se utilizó el **Programa Estadístico SPSS:** Versión 26.0 a un nivel de significancia del 0.05.

3.5.3 Desviación estándar.

Esta prueba estadística se utilizó para conocer la dispersión de los datos obtenidos con respecto a la media para lo cual se utilizó el **Programa Microsoft Excel** Versión 2019.

IV. Resultados

4.1 Evaluación de los registros obtenidos en el monitoreo de los parámetros de pH, temperatura y humedad del lodo residual durante el tratamiento con la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana.

4.1.1 Potencial de Hidrógeno – pH

Durante el periodo de investigación, se realizó medición del pH en las unidades experimentales (tratamientos) cada cuatro (04) días, utilizando un multiparámetro para su medición.

En la **tabla 7**, se muestran los promedios y desviación estándar del parámetro de pH registrados en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre durante la ejecución de la investigación, cuyo valor máximo registrado fue de 7.9 (tratamiento 2 y 4, mes de octubre) y valor mínimo fue de 4.7 (tratamiento 5, mes de octubre).

Tabla 7

Registro de Promedios y Desviación Estándar del pH de las Unidades Experimentales.

MES / TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5
Julio	5.8	5.9	5.7	5.8	5.7
Agosto	6.4	6.3	6.4	6.3	5.4
Setiembre	7.3	7.2	7.1	7.2	4.8
Octubre	7.8	7.9	7.8	7.9	4.7
Desviación Estándar	0.9829				
Promedio	6.47				
Límite Máximo	7.4529				
Límite Mínimo	5.4871				

Fuente: Elaboración propia.

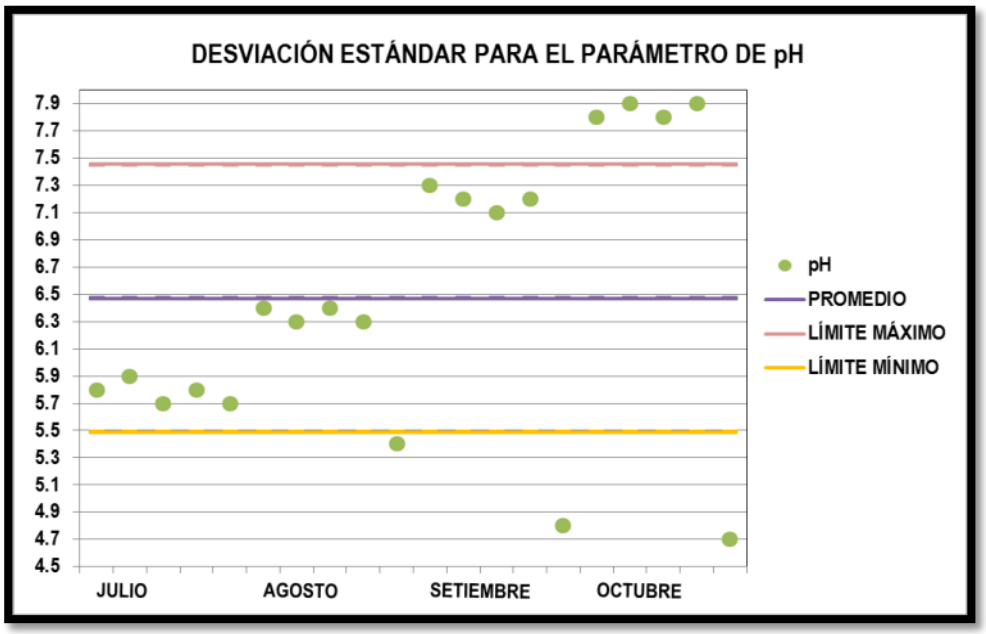


Figura 10: *Desviación Estándar del pH – Elaboración Propia.*

En la **figura 10**, se observa la desviación estándar de los valores de pH de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 durante los meses de Julio, Agosto, Setiembre y Octubre.

Tabla 8

Análisis de Varianza de pH.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8,727	4	2,182	3,089	,048
Intra-grupos	10,595	15	,706		
Total	19,322	19			

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 8** de análisis de varianza que el valor "F" calculado es 3,09 .Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 3.06 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 3,09$

$F_{0.05, 4,15} = 3,06$ (tabla del **Anexo 4**),
Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 4,15.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 8**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05\ 4,\ 15}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Durante el registro en los diferentes tratamientos de los lodos residuales, existen diferencias poco significativas en los datos registrados del parámetro de pH, a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"Sig."* obtenido es 0,48, valor menor que el nivel de significancia α = 0,05 lo que nos indica que la hipótesis nula rechazada.

Tabla 9

Prueba de Tukey de Valores de pH.

TRATAMIENTO	N	SUBCONJUNTOS PARA ALFA = 0.05
		1
Tratamiento 5	4	5,1500
Tratamiento 4	4	6,7500
Tratamiento 3	4	6,8000
Tratamiento 2	4	6,8250
Tratamiento 1	4	6,8250
Sig.		,082

Fuente: Elaboración propia.

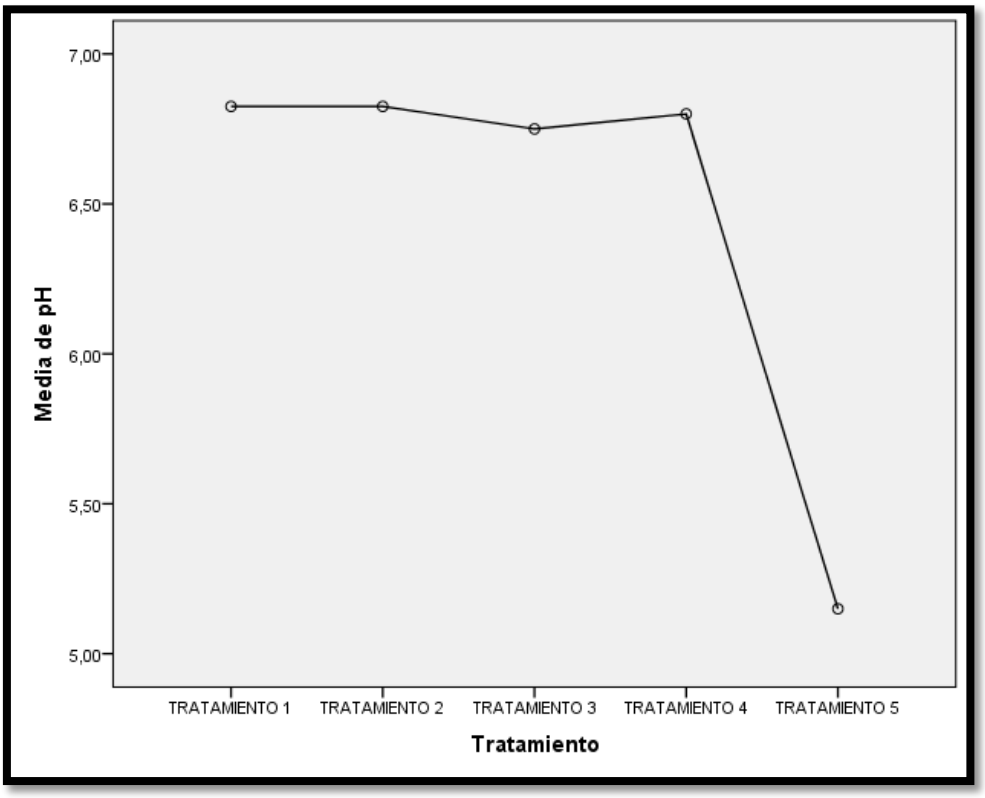


Figura 11: *Gráfico de Medias del Parámetro de pH – Elaboración Propia.*

En la **figura 11**, se indican las medias del parámetro de pH para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, durante el desarrollo de la investigación, se puede observar que los Tratamientos T1, T2, T3 y T4 tienen medias similares, mientras que el T5 tiene una media diferente, esto puede deberse a que el T5 no se le agregaron lombrices.

4.1.2 Temperatura.

Durante el periodo de investigación, se realizó medición del parámetro de temperatura en las unidades experimentales (tratamientos), cada cuatro (04) días, para lo cual se utilizó un multiparámetro para su medición.

En la **tabla Nº 10**, se muestran los promedios y la desviación estándar del parámetro de temperatura registrados en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre durante la ejecución de la investigación, cuyo valor máximo

registrado fue de 20.05 (tratamiento 4, mes de octubre) y valor mínimo fue de 17.52 (tratamiento 5, mes de octubre).

Tabla 10

Registro de Promedios y Desviación Estándar de la Temperatura de las Unidades Experimentales.

MES / TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5
Julio	19.81	19.92	20.03	19.97	19.76
Agosto	19.95	19.94	19.99	20.00	18.44
Setiembre	19.99	19.97	20.00	19.99	17.94
Octubre	19.98	20.01	19.98	20.05	17.52
Desviación Estándar			0.6001		
Promedio			19.7145		
Límite Máximo			20.3147		
Límite Mínimo			19.1143		

Fuente: Elaboración propia.

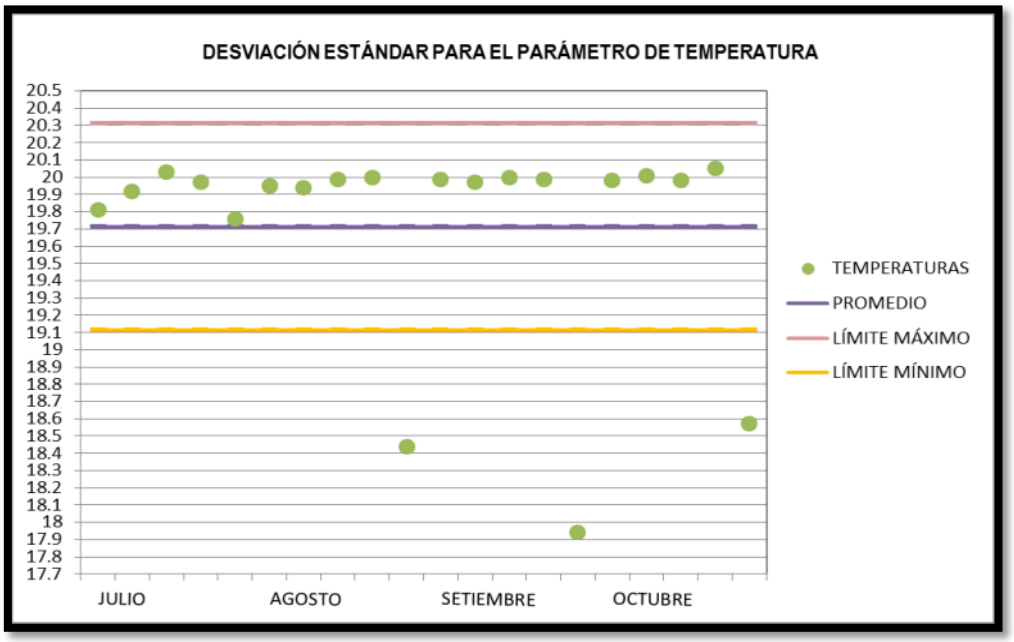


Figura 12 *Desviación Estándar de la Temperatura por Tratamiento – Elaboración Propia.*

En la **figura 12**, se observa la desviación estándar de los valores de Temperatura de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 durante los meses de Julio, Agosto, Setiembre y Octubre.

Tabla 11

Análisis de Varianza de Temperatura.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7,789	4	1,947	10,189	,000
Intra-grupos	2,867	15	,191		
Total	10,655	19			

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 11** de análisis de varianza, que el valor "F" calculado son 10,19. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 3.06 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 10,19$

$F_{0.05, 4,15} = 3,06$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 4,15.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 11**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 4, 15}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Durante el registro en los diferentes tratamientos de los lodos residuales, existen diferencias en los datos registrados del parámetro de temperatura, a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Además el valor *"P."* obtenido es 0,00, valor menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

Tabla 12

Prueba de Tukey de Valores de Temperatura.

TRATAMIENTO	N	SUBCONJUNTOS PARA ALFA = 0.05	
		1	2
Tratamiento 5	4	18,4150	
Tratamiento 4	4		19,9325
Tratamiento 3	4		19,9600
Tratamiento 2	4		20,0000
Tratamiento 1	4		20,0025
Sig.		1,000	,999

Fuente: Elaboración propia.

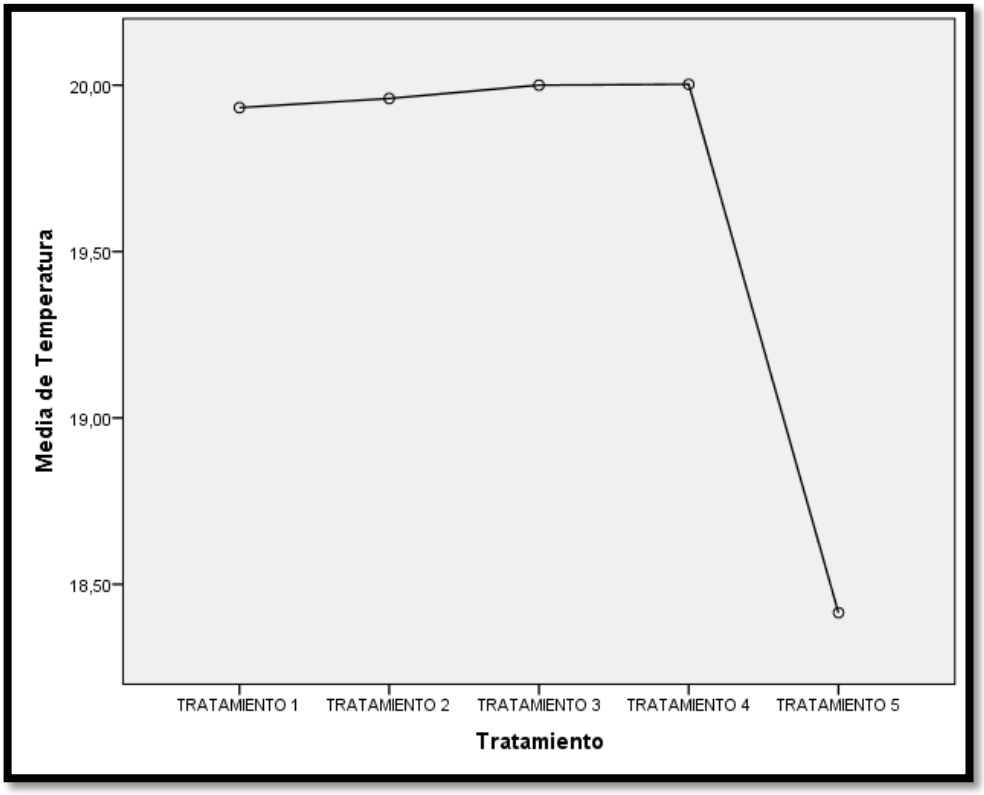


Figura 13: *Gráfico de Medias del Parámetro de Temperatura – Elaboración Propia*

En la **figura 13**, se indican las medias del parámetro de Temperatura para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, durante el desarrollo de la investigación, se puede observar que los Tratamientos T1, T2, T3 y T4 tienen medias similares, mientras que el T5 tiene una media diferente, esto puede deberse a que el T5 no se le agregaron lombrices.

4.1.3 Humedad.

Durante el periodo de investigación, se realizó medición de humedad en las unidades experimentales (tratamientos), las cuales se fueron cada cuatro (04) días, para la medición se utilizó un tensiómetro debidamente calibrado.

En la **tabla 13**, se muestran los promedios y desviación estándar de humedad registrados en los meses de julio, agosto, setiembre y octubre que duró la investigación, cuyo valor máximo registrado fue de 78.00 % (tratamiento 1, mes de julio) y valor mínimo fue de 73.00 % (tratamientos 2, 4 y 5, mes de setiembre y octubre).

Tabla 13

Registro de Promedios de Humedad de las Unidades Experimentales.

MES / TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5
Julio	78.00	75.00	76.00	75.00	77.00
Agosto	77.00	74.00	75.00	74.00	75.00
Setiembre	76.00	73.00	75.00	74.00	74.00
Octubre	76.00	73.00	74.00	73.00	73.00
Desviación Estándar	1.4239				
Promedio	74.85				
Límite Máximo	76.2739				
Límite Mínimo	73.4260				

Fuente: Elaboración propia.

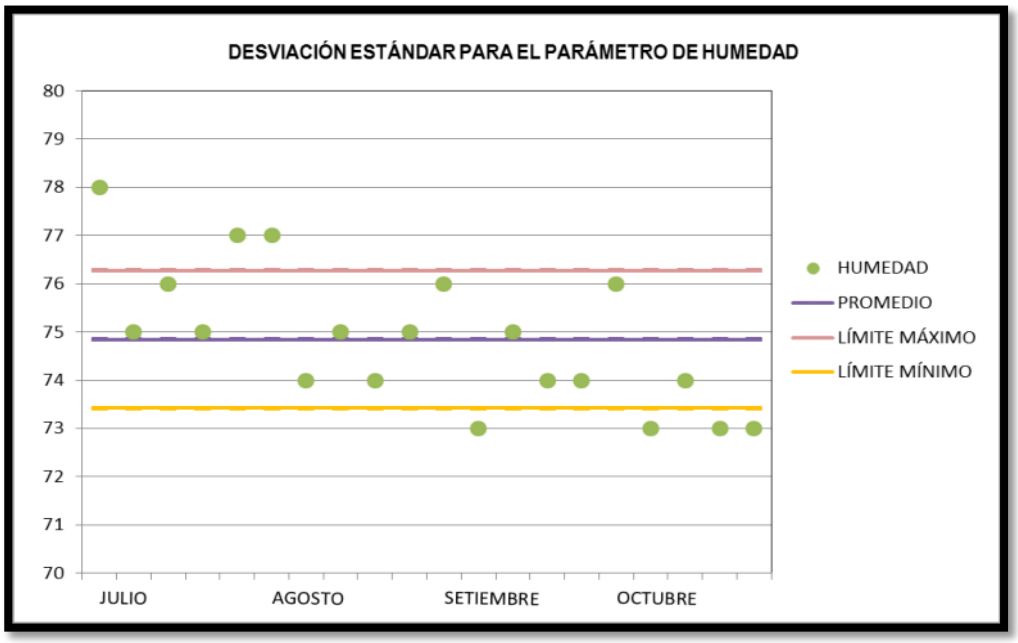


Figura 14: *Desviación Estándar de Humedad por Tratamiento – Elaboración Propia.*

En la **figura 14**, se observa la desviación estándar de los valores de Humedad de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 durante los meses de Julio, Agosto, Setiembre y Octubre.

Tabla 14

Análisis de Varianza de Humedad.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	22,300	4	5,575	4,582	,013
Intra-grupos	18,250	15	1,217		
Total	40,550	19			

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 14** de análisis de varianza que el valor “F” calculado son 4,582. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor “F” de tablas (**Anexo 4**), que es 3.06 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 4,58$

$F_{0.05, 4,15} = 3,06$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 4,15.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 14**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 4, 15}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Durante el registro en los diferentes tratamientos de los lodos residuales, existen diferencias en los datos registrados del parámetro de humedad, a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"P."* obtenido es 0,013, valor menor que el nivel de significancia α = 0,05 lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

Tabla 15

Prueba de Tukey de Valores de Humedad.

TRATAMIENTO	N	SUBCONJUNTOS PARA ALFA = 0.05	
		1	2
Tratamiento 5	4	73,7500	
Tratamiento 4	4	74,0000	
Tratamiento 3	4	74,7500	74,7500
Tratamiento 2	4	75,0000	75,0000
Tratamiento 1	4		76,7500
Sig.		,518	,128

Fuente: Elaboración propia.

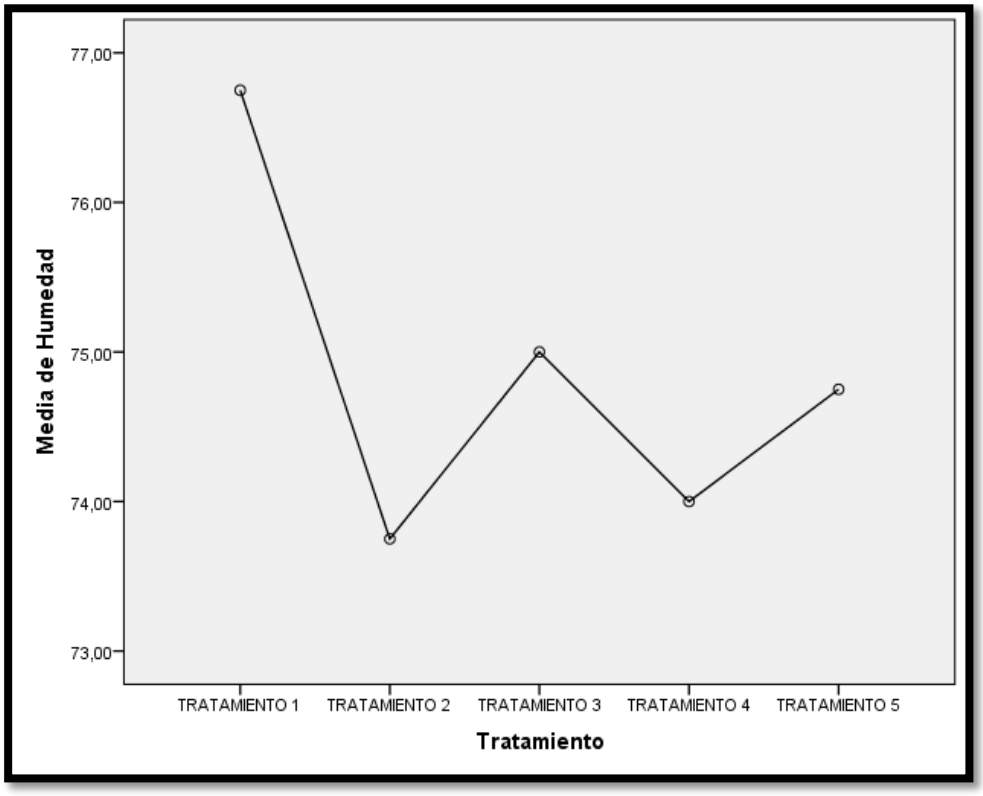


Figura 15: *Gráfico de Medias del Parámetro de Humedad - Elaboración Propia.*

En la **figura 15**, se indican las medias del parámetro de Humedad para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, durante el desarrollo de la investigación, se puede observar que los Tratamientos T2, T3, T4 y T5 tienen medias similares, mientras que el T1 tiene una media diferente.

4.2 Determinación de la densidad de la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana después del tratamiento con lodo residual.

En la **tabla Nº 16**, se muestran los promedios y la desviación estándar de las densidades registradas en los meses de julio (01 día), julio (30 días), agosto (60 días), setiembre (90 días) y octubre (120 días) durante la ejecución de la investigación.

Tabla 16

Registro de Promedios de Densidades de las Unidades Experimentales

MES / TRATAMIENTO	T1	T2	T3	T4	T5
Inicial (01 día)	80	120	160	200	0
Julio (30 días)	72.5	111.25	148.5	182.25	0
Agosto (60 días)	84.75	126.25	172.5	208.75	0
Setiembre (90 días)	94.5	140	187.75	222.25	0
Octubre (120 días)	106	150.75	196.75	239.25	0
Desviación Estándar	74.2692				
Promedio	120.16				
Límite Máximo	194.4249				
Límite Mínimo	45.8950				

Fuente: Elaboración propia.

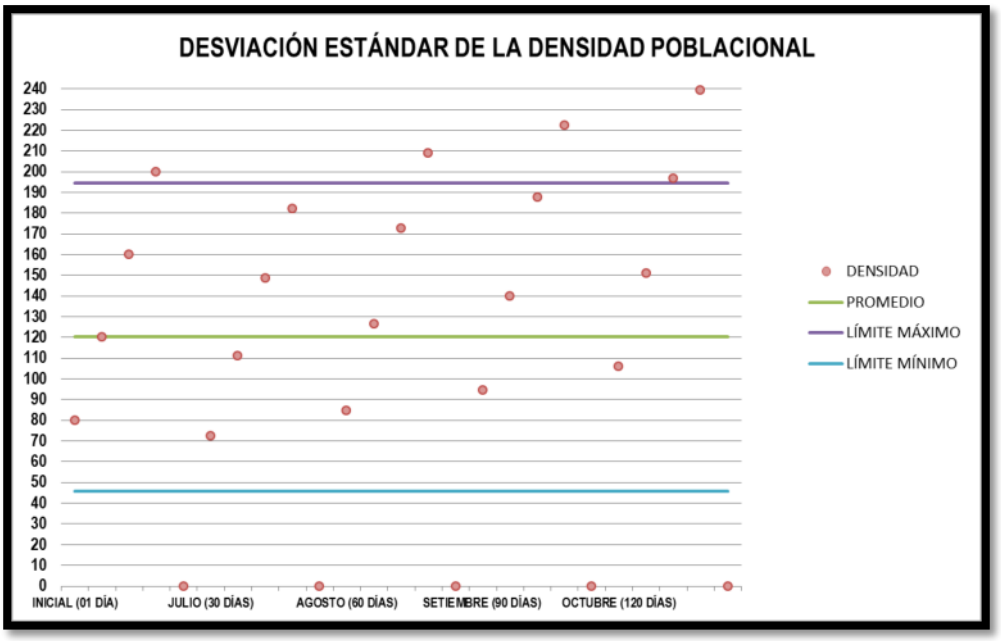


Figura 16: *Promedio de Individuos por Tratamiento – Elaboración Propia*

En la figura 16, se observa la Desviación Estándar de la densidad poblacional de la lombriz, en el mes de julio (30 días) tienen una disminución en la densidad, esto debido al proceso de adaptabilidad de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida.*

Tabla 17

Análisis de Varianza para las densidades

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2720,200	4	680,050	47,062	,000
Intra-grupos	216,750	15	14,450		
Total	2936,950	19			

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 17** de análisis de varianza donde el valor "F" calculado es 47,062. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 3.06 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 47,062$

$F_{0.05, 4,15} = 3,06$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 4,15.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 17**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 4, 15}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Durante el registro en los diferentes tratamientos de los lodos residuales, existen diferencias significativas en los datos registrados para las densidades de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"P"* obtenido es 0,000, valor menor que el nivel de significancia α = 0,05, lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

4.3 Análisis los parámetros químicos del lodo residual antes y después del tratamiento.

A continuación se detalla los resultados, promedios y desviación estándar de los análisis realizados en el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina en los cuales se determinó las características químicas del lodo residual antes y después del tratamiento.

Tabla 18

Características Químicas y Desviación Estándar del Lodo Residual.

MUESTRAS	CLAVES	M.O. %	P2O5 %	K2O %	Relación C/N	N %
Antes del tratamiento	MI1	27.98	1.21	0.26	15.04	1.86
	MI2	27.96	1.20	0.23	15.02	1.85
	MI3	27.97	1.19	0.25	15.06	1.85
	MI4	27.96	1.18	0.27	15.04	1.84
Después del tratamiento	T1R1	41.26	2.51	0.88	10.76	2.09
	T1R2	41.74	3.47	0.84	12.42	1.86
	T1R3	40.92	3.26	0.87	12.84	1.75
	T1R4	39.56	2.99	0.68	11.68	1.85
	T2R1	40.86	2.85	0.84	11.73	1.95
	T2R2	40.97	3.47	0.87	12.16	1.89
	T2R3	41.95	3.24	0.88	11.9	1.97
	T2R4	39.98	3.15	0.66	11.72	1.98
	T3R1	39.14	2.83	0.63	11.23	1.95
	T3R2	40.40	3.17	0.70	11.63	1.92
	T3R3	40.72	2.96	0.74	12.05	1.89
	T3R4	39.63	2.89	0.75	11.58	1.90
	T4R1	39.26	2.92	0.64	10.91	1.95
	T4R2	40.54	3.04	0.66	11.14	2.00
	T4R3	41.27	3.17	0.71	12.62	1.83
	T4R4	39.46	2.89	0.67	12.13	1.84
	T5R1	27.75	1.22	0.24	15.05	1.82
	T5R2	27.76	1.21	0.23	15.04	1.83
	T5R3	27.74	1.20	0.23	15.06	1.84
	T5R4	27.75	1.21	0.22	15.04	1.85
Promedio		36.27	2.43	0.58	12.87	1.89
Desviación Estándar		5.9905	0.8932	0.2521	1.6066	0.0723
Límite Máximo		42.2626	3.3278	0.8334	14.4753	1.9623

Límite Mínimo	30.2815	1.5413	0.3290	11.2621	1.8176

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina / Elaboración Propia.

En la **Tabla 18**, se muestran los resultados de los parámetros de laboratorio analizados antes y después del tratamiento del lodo residual, podemos observar que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con sus respectivas repeticiones mejoraron sus características químicas con respecto al lodo inicial, con lo cual podemos concluir que la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* causó un efecto positivo en el lodo residual después del tratamiento. Sin embargo el tratamiento T5 con sus respectivas repeticiones no presentó mejora alguna de sus características químicas, esto debido a que no le agregaron lombrices.

4.4 Parámetros de laboratorio

4.4.1 Materia Orgánica:

Se aplicó el Análisis de Varianza a los datos del parámetro de materia orgánica analizados por el laboratorio, mostrando variaciones significativas (F=348,643), luego se aplicó la prueba de Tukey, demostrando que el lodo residual final 1, 2, 3 y 4 presentaron valores promedio similares entre sí, mientras que el lodo residual inicial y el lodo residual final 5 registraron los promedios más bajos.

Tabla 19

Análisis de Varianza de Materia Orgánica.

	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Inter-grupos	852,473	5	170,495	348,643	,000
Intra-grupos	8,802	18	,489		
Total	861,275	23			

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 19** de análisis de varianza que el valor "F" calculado son 348,643. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 2.77 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 348,643$

$F_{0.05, 5,18} = 2,77$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 5,18.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 19**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 5, 18}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el parámetro de Materia Orgánica se encontró que existen diferencias a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"P."* obtenido es 0,000, valor menor que el nivel de significancia α = 0,05 lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

Tabla 20

Prueba de Tukey para Valores de Materia Orgánica.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Lodo residual final 5	4	27,7500	
Lodo residual inicial	4	27,9775	
Lodo residual final 3	4		39.9725
Lodo residual final 4	4		40,1325
Lodo residual final 1	4		40,8700
Lodo residual final 2	4		40.9400
Sig.		,998	,403

Fuente: Elaboración Propia.

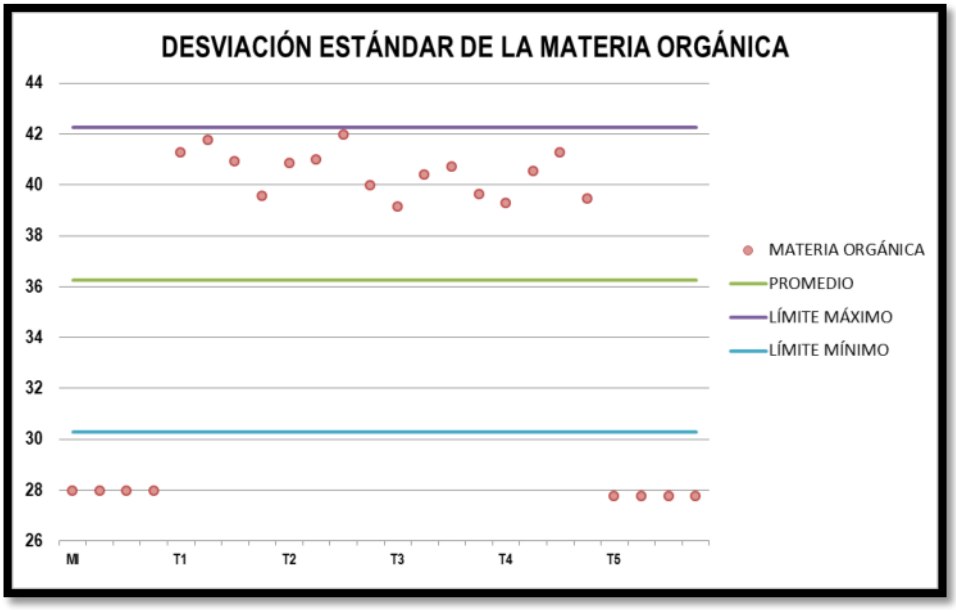


Figura 17: *Gráfico de la Desviación Estándar de la Materia Orgánica.*

En la **figura 17**, se indica la Desviación Estándar del parámetro de Materia Orgánica MO, para la Muestra Inicial y los Tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, antes y después del tratamiento, se puede observar que el T1, T2, T3 y T4 presentan valores similares entre sí. A diferencia de la MI y T5 a los cuales no se les agrego lombrices.

4.4.2 Fósforo (P2O5):

Se aplicó el Análisis de Varianza a los datos del parámetro de fósforo (P2O5) analizados por el laboratorio, mostrando variaciones significativas (F=79,615), luego se aplicó la prueba de Tukey, demostrando que el lodo residual final 1, 2, 3 y 4 presentaron valores promedio similares entre sí, mientras que el lodo residual inicial y lodo residual final 5 registraron los promedios más bajos.

Tabla 21

Análisis de Varianza del Fósforo (P2O5).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	18,321	5	3,664	79,615	,000
Intra-grupos	,828	18	,046		
Total	18,149	23			

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 21** de análisis de varianza que el valor "F" calculado son 79,615. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 2.77 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 79,615$

$F_{0.05, 5,18} = 2,77$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 5,18.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 21**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 5, 18}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el parámetro de Fósforo (P2O5), se encontró que existen diferencias a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"P"* obtenido es 0,000, valor menor que el nivel de significancia α = 0,05 lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

Tabla 22

Prueba de Tukey para Valores de Fósforo (P2O5).

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Lodo residual inicial	4	1,1950	

Lodo residual final 5	4	1,2100	
Lodo residual final 3	4		2,9625
Lodo residual final 4	4		3,0050
Lodo residual final 1	4		3,0575
Lodo residual final 2	4		3,1775
Sig.		1,000	,717

Fuente: Elaboración Propia.

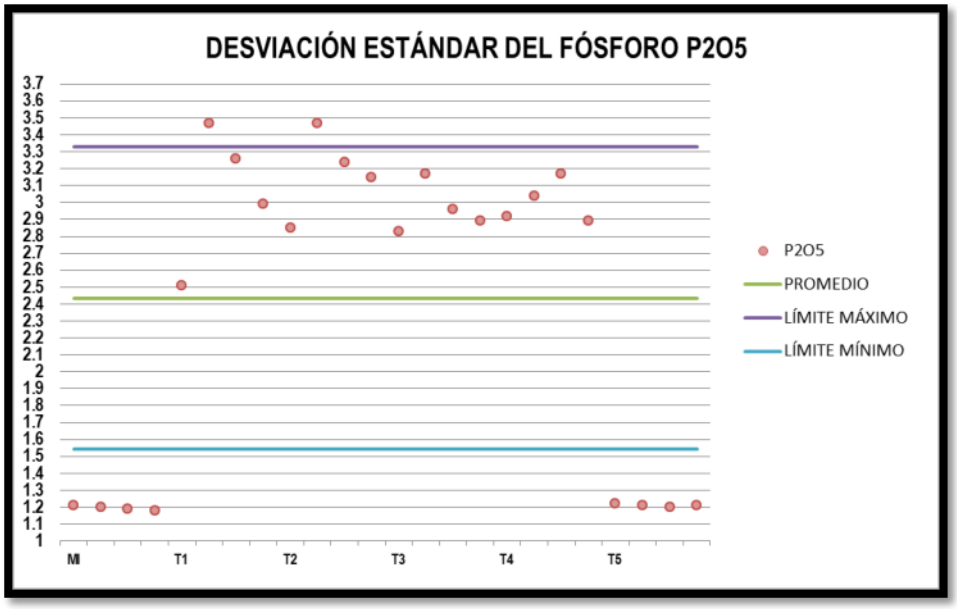


Figura 18: *Gráfico de Desviación Estándar del Fósforo (P2O5).*

En la **figura 18**, se indica la Desviación Estándar del Parámetro de Fósforo P2O5 para la Muestra Inicial MI y los Tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, antes y después del tratamiento, se puede observar que el T1, T2, T3 y T4 presentan valores similares entre sí. A diferencia de la MI y el T5 a los cuales no se les agregó lombrices.

4.4.3 Potasio (K2O):

Se aplicó el Análisis de Varianza a los datos del parámetro de Potasio (K2O) analizados por el laboratorio, mostrando variaciones significativas (F=74,309), luego se aplicó la prueba de Tukey, demostrando que el lodo residual final 5 y lodo residual inicial presentaron valores promedio más bajos, mientras que el lodo residual final 1, 2, 3 y 4 presentan promedios similares entre sí.

Tabla 23

Análisis de Varianza del Potasio (K2O).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1,456	5	,291	74,309	,000
Intra-grupos	,071	18	,004		
Total	1,526	23			

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 23** de análisis de varianza que el valor "F" calculado son 74,309. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 2.77 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 74,309$

$F_{0.05, 5,18} = 2,77$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 5,18.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 23**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 5, 18}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el parámetro de Potasio (K2O), se encontró que existen diferencias a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Además el valor *"P."* obtenido es 0,000, valor menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$ lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

Tabla 24

Prueba de Tukey para Valores de Potasio (K2O).

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Lodo residual final 5	4	,2300		
Lodo residual inicial	4	,2525		
Lodo residual final 4	4		,6700	
Lodo residual final 3	4		,7050	,7050
Lodo residual final 2	4			,8125
Lodo residual final 1	4			,8175
Sig.		,995	,966	,164

Fuente: Elaboración Propia.

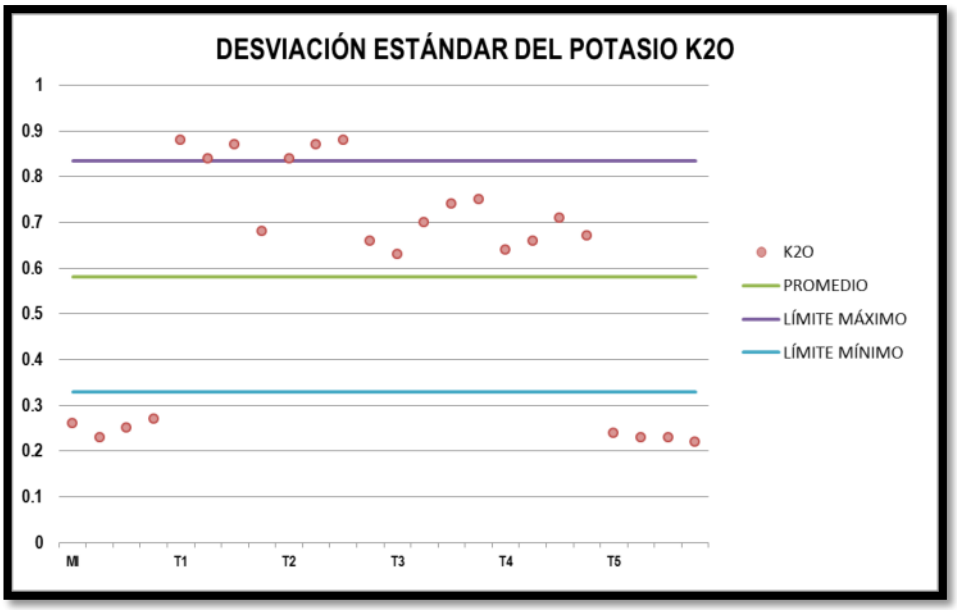


Figura 19: *Gráfico de Desviación Estándar del Potasio (K2O).*

En la **figura 19**, se indica la Desviación Estándar del parámetro de Potasio K2O para la Muestra Inicial MI y los Tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, antes y después del tratamiento, se puede observar que el T1, T2, T3 y T4 presentan valores similares entre sí. A diferencia de la MI y T5 a los cuales no se les agregó lombrices.

4.4.4 Relación C/N:

Se aplicó el Análisis de Varianza a los datos del parámetro de Relación C/N analizados por el laboratorio, mostrando variaciones significativas (F=41,631), luego se aplicó la prueba de Tukey, demostrando que el lodo residual Final 1, 2, 3 y 4 presentaron valores promedio similares entre sí, mientras que el Lodo Residual Inicial y el lodo residual final 5 presentaron los promedios más altos.

Tabla 25

Análisis de Varianza de Relación C/N.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	57,015	5	11,403	41,590	,000
Intra-grupos	4,935	18	,274		
Total	61,950	23			

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 25** de análisis de varianza que el valor "F" calculado son 11,403. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 2.77 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 11,403$

$F_{0.05, 5,18} = 2,77$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} > F_{0,05, 5,18.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 25**), es mayor que el F de tabla: $F_{0,05, 5, 18}$ (**Anexo 4**) se rechaza la hipótesis nula Ho.

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el parámetro Relación Carbono / Nitrógeno, se encontró que existen diferencias a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"P"* obtenido es 0,000, valor menor que el nivel de significancia α = 0,05 lo que refuerza la hipótesis nula rechazada.

Tabla 26

Prueba de Tukey para Valores de Relación C/N.

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Lodo residual final 3	4	11,6225	
Lodo residual final 4	4	11,7000	
Lodo residual final 2	4	11,8775	
Lodo residual final 1	4	11,9250	
Lodo residual inicial	4		15,0400
Lodo residual final 5	4		15,0475
Sig.		,961	1,000

Fuente: Elaboración Propia.

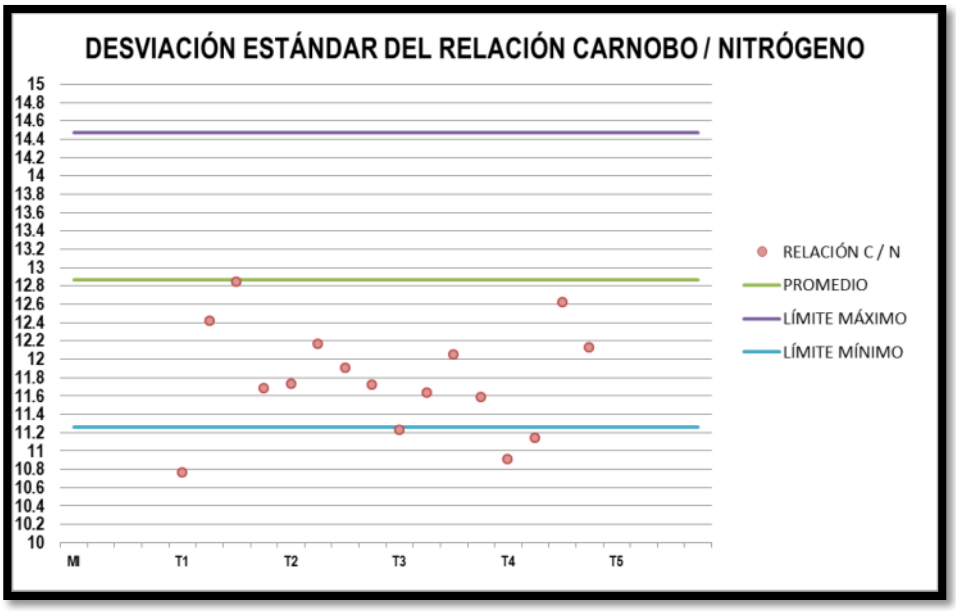


Figura 20: Gráfico de Desviación de la Relación Carbono / Nitrógeno.

En la **figura 20**, se indica la Desviación Estándar del Parámetro de Relación Carbono / Nitrógeno para la Muestra Inicial MI y los Tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, antes y después del tratamiento, se puede observar que la dispersión de los datos es similar entre todos los tratamientos, esto nos indica que este parámetro no tuvo cambios significativos durante el transcurso del tratamiento.

4.4.5 Nitrógeno (N):

Se aplicó el Análisis de Varianza a los datos del parámetro de Nitrógeno analizados por el laboratorio, mostrando variaciones mínimas (F=1,594), lo que demuestra que los datos arrojados son similares, por lo cual se concluye que este parámetro no presentó cambios significativos.

Tabla 27

Análisis de Varianza de Nitrógeno (N).

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,035	5	,007	1,396	,273
Intra-grupos	,091	18	,005		
Total	,126	23			

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los datos mostrados en la **tabla 27** de análisis de varianza que el valor "F" calculado es 1,396. Según el método del ANOVA, al compararlo con el valor "F" de tablas (**Anexo 4**), que es 2.77 se obtiene lo siguiente:

$F_{calculado} = 1,396$

$F_{0.05, 5,18} = 2,77$ (tabla del **Anexo 4**),

Obtenemos que $F_{calculado} < F_{0,05, 5,18.}$

Como el $F_{calculado}$ (**tabla 27**), es menor que el F de tabla: $F_{0,05, 5, 18}$ (**Anexo 4**) por lo cual se acepta la hipótesis nula Ho.

Los resultados obtenidos en el laboratorio para el parámetro Nitrógeno (N), se encontró que no existen diferencias a un nivel de significancia de α = 0,05. Además el valor *"P."* obtenido es 0,273, valor mayor que el nivel de significancia α = 0,05 lo que refuerza la hipótesis nula aceptada.

Tabla 28

Prueba de Tukey para Valores de Nitrógeno (N).

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Lodo residual final	4	1,8350
Lodo residual inicial	4	1,8500
Lodo residual final 1	4	1,8875
Lodo residual final 4	4	1,9050
Lodo residual final 3	4	1,9150
Lodo residual final 2	4	1,9475
Sig.		,267

Fuente: Elaboración Propia.

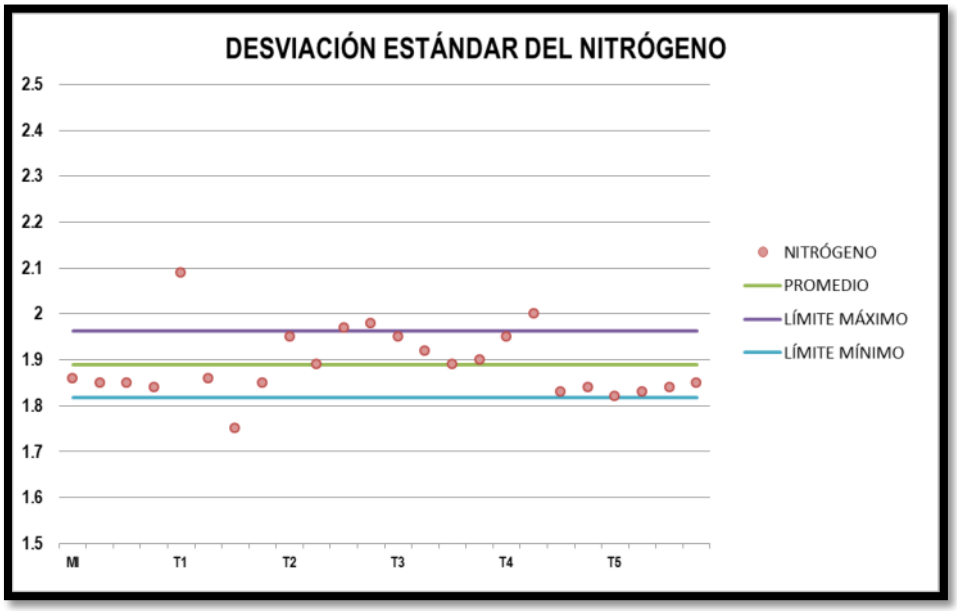


Figura 21: *Gráfico de Desviación Estándar del Nitrógeno*

En la **figura 21**, se indica la Desviación Estándar del parámetro de Nitrógeno para la Muestra Inicial MI y los Tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5, antes y después del tratamiento, se puede observar que la dispersión de los datos es

similar entre todos los tratamientos, esto nos indica que este parámetro no tuvo cambios significativos durante el transcurso del tratamiento.

V. Discusión de resultados

5.1 Evaluación los registros obtenidos en el monitoreo de los parámetros de pH, temperatura y humedad del lodo residual durante el tratamiento con la *Eisenia foetida* lombriz roja californiana.

El pH ideal se encuentra entre 6.5 y 7.5, un pH básico o ácido puede originar serios problemas a la lombriz y llegar a provocar su muerte. En método más eficaz para medir el pH es empleando la misma lombriz, la cual indicará si el lodo se encuentra en las condiciones adecuadas para vivir en él. (Aguero, 2019). Lo que coincide con (Albornoz & Ortega, 2017), El pH si es un factor determinante para el normal desarrollo de las lombrices dentro del sustrato.

(Agudelo & Trejos, 2012), registraron el comportamiento del pH, durante el tratamiento del lodo residual entre 7.1 y 8.4. Así mismo (Aguero, 2019), registró valores similares de pH entre 6.8 y 8.3. Así también nuestros valores obtenidos de pH oscilaron entre 5.5 y 7.8 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4.

Las lombrices se desarrollan a una temperatura óptima que oscila entre 18ºC a 25ºC (Compagnoni & Putzolu, 2018).

(Agudelo & Trejos, 2012), durante su investigación reportaron temperaturas que fueron controladas y estables, las cuales oscilaron entre los 24 º C y 28 º C. Así también (Aguero, 2019), registró temperaturas que oscilaron entre los 21 º C y 30 º C, esto debido al lugar en donde se desarrolló la investigación. Sin embargo nuestros resultados registrados oscilaron entre los 17.52 º C y 20.05 º C debido a las condiciones climáticas de la estación donde se desarrolló la investigación.

Las condiciones más favorables para que la lombriz produzca y se reproduzca se presentan a una humedad del 80 %, es aceptable hasta 70 %, debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable, por otro lado niveles de humedad de 55 % son mortales para las lombrices. (Compagnoni & Putzolu, 2018).

(Aguero, 2019), durante su investigación reportó una humedad que estuvo en un rango de 30 % y 28 %. Sin embargo (Albornoz & Ortega, 2017) reportaron que la

humedad se mantuvo en un rango de 55% a 90%. Así mismo nuestros valores obtenidos para la humedad oscilaron entre 73% y 78%.

5.2 Determinación la densidad de la *Eisenia foetida* Lombriz Roja Californiana después del tratamiento con lodo residual.

La Lombriz *Eisenia foetida* puede vivir en poblaciones de hasta 50000 lombrices por m2 y pueden ser criadas en camas de 1 m de ancho, 40 cm de alto y hasta 20 m de largo (Fundación de Agricultura y Medio Ambiente, 2008). Asimismo como medida adicional a tener en cuenta es que la cantidad de material fresco, no debe ser extremadamente grande con relación al número de lombrices. Una población ideal son 50000 lombrices por m2. (Henriquez & Mora, 2003).

(Marquina & Martinez, 2016), durante su investigación reportaron una disminución en la densidad poblacional 131 individuos a 39 individuos durante los 4 meses del desarrollo de la investigación. Así también (Juárez, 2010), indica que cantidad de lombrices inoculadas se incrementó hasta los 75 días, alcanzando el valor aproximado de 6780 individuos, para posteriormente disminuir hasta alcanzar valores de casi 0 a los 120 días, debido a que no se siguió aplicando sustrato.

Al comparar nuestros resultados se observó que los promedios de densidades en el mes de julio (30 días) para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 registraron una disminución de individuos, esto debido al proceso de adaptabilidad de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida,* produciéndose la mortandad de algunos individuos, con respecto a los siguientes meses (Agosto 60 días, Setiembre 90 días y Octubre 120 días), se registró el incremento del promedio de densidades, esto debido a la reproducción de los individuos.

5.3 Análisis los parámetros químicos del lodo residual antes y después del tratamiento.

Se comprobó que existen diferencias significativas en los parámetros químicos (Materia orgánica, Fósforo P2O5, Potasio K2O, Relación Carbono / Nitrógeno y Nitrógeno N) antes y después del tratamiento del lodo residual, estos resultados

demuestran que el lodo residual final tiene un alto contenido de macronutrientes, asimismo Vera et al (2015), en su investigación demuestran la calidad del lodo como material rico en macronutrientes y óptimos para el desarrollo de las plantas.

VI. Conclusiones

- Luego de realizar el análisis de los resultados obtenidos, se concluye que la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* causa un efecto positivo en el tratamiento del lodo residual al mejorar sus características químicas.

- Luego de evaluar los registros obtenidos en el monitoreo de los parámetros de pH, temperatura y humedad, se concluye que existen variaciones durante el tratamiento del lodo residual, las cuales permitieron un mejor desempeño de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*.

- Las densidades de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, presentaron un incremento poblacional a los 60 días de ejecutado el tratamiento, demostrando así su capacidad de adaptabilidad la cual le permite desarrollarse en medios hostiles.

- Los resultados del análisis de laboratorio, indican que existe diferencias entre el análisis del lodo inicial obtenido con respecto al lodo analizado después del tratamiento, demostrando una mejora en sus características químicas.

VII. Recomendaciones

- Utilizar la técnica de la Lombricultura para el tratamiento de lodos residuales, debido a sus resultados favorables.

- Desarrollar proyectos de investigación que utilicen la técnica de Lombricultura, debido a que esta técnica resulta ser económica y es considera amigable con el ambiente.

- Implementación de composteras en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para el tratamiento de los residuos sólidos generados utilizando la técnica de lombricultura.

VIII. Referencias

Agudelo, N., & Trejos, M. (2012). *Propuesta para el aprovechamiento de lodos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Empresa Comestible "La Rosa" como altermativa para la generación de biosólidos.* Pereira.

Aguero, A. (2019). *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.* Cerro de Pasco .

Albornoz, A., & Ortega, E. (2017). *Evaluación De La Eficiencia De La Lombriz Roja Californiana E. foetida Para Estabilización De Lodos Residuales De La PTAR Salitre.* Bogotá.

Almanya A., S. (2010). *Transformación de sólidos provenientes de lodos generados en el sistema de alcantarillado de Bogotá mediante Lombriz Roja (Eisenia foetida).* Botogá, Colombia.

Avilés, E. (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.* Cuenca, Ecuador.

Barbado, J. (2003). *Cría de Lombrices.* Buenos Aires, Argentina .

Cardoso , L., & Tomasini, C. (2002). *Características y efectos de residuos peligrosos. Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua.* México, México.

Cardoso, & Ramírez. (2002). *Identificación de sistemas de tratamiento de lodos residuales.*

Compagnoni, L., & Putzolu, G. (2018). *Cría Moderna de las Lombrices y Utilización Rentable del Humus.* De Vecchi S. A. U. .

Fundación de Agricultura y Medio Ambiente. (2008). *La Lombricultura en la Agricultura Orgánica.* Santo Domingo: REP. Editora Andrea Brechelt.

Henriquez, C., & Mora, L. (2003). *Produciendo Abono de Lombriz.* Cartago: Imprenta Nacional.

Juárez, R. (2010). *RECICLAJE DE LODOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DEL PAPEL MEDIANTE LOMBRICULTURA UTILIZANDO LA ESPECIE "Lombriz roja californiana" Eisenia foétida.* Lima.

Mallia M., A. D. (2008). *Utilización de la lombricultura en la transformación lo lodo residual en una empresa productora del papel en abono orgánico (humus).* Carabobo, Venezuela.

Marquina, L., & Martinez, J. (2016). *Obtención de Abonos Orgánicos por medio de las lombices Eisenia foetida a partir de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Antonio de Carapongo Lima - Perú .* Callao.

Ministerio del Ambiente. (2011). *Plan Nacional de Acción Ambiental PLANAA 2011 - 2021.* Lima .

Ministerio del Ambiente. (2017). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.*

Najas, G., Zoraida, J., Morales, P., Nelly, B., & Chávez P., Á. (2012). *Descripción de metodologías del sistema de lombricultura para la gestión de residuos sólidos orgánicos.* Bogotá, Colombia.

Oropeza G., N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. En N. Oropeza G., *Lodos residuales: estabilización y manejo* (págs. 66 - 70). Quintana - Roo, México.

Shuldt, M. (2006). *Lombricultura Teoría y práctica.* Madrid.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2019). *Proyecto de Estudio Tarifario .* Lima.

Vélez, J. (2017). Los Biosólidos ¿Una solución o un problema?

Vera, A. (2015). *Estabilización de lodos residuales municipales por medio de la técnica de Lombricompostaje.* Cuernavaca, México.

IX. Anexos

Anexo 1: Solicitud para ingreso a la PTAR Media Luna

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

SOLICITO: INGRESO A LA PTAR MEDIA LUNA

EPS ILO S.A.
Secretaria
Gerencia General
09 MAYO 2018
HORA 11:15 REGIST.
RECIBIDO

SR:
GERENTE DE LA EMPRESA
PRESTADORA DE SERVICIO – EPS ILO

ILO.-

Es grato dirigirme a Ud. Para saludarlo cordialmente y la vez presentarme, YO RUBELL CRISTIAN TOBALA CRUZ, identificado con DNI N° 72909285, Egresado de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, ante usted con el debido respeto expongo:

Que, mediante **RESOLUCIÓN COMISIÓN ORGANIZACIÓN N° 286-2017-UNAM**, de la Universidad Nacional de Moquegua, se aprobó la ejecución del proyecto denominado **"Efectividad de la Lombriz (*Eisenia foetida*) en el tratamiento de lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a nivel experimental, Ilo 2017"**, el cual es financiado económicamente con fondos provenientes del canon minero, sobre canon y regalías mineras.

Por lo cual solicito a usted, pueda brindar las facilidades para el ingreso a la **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) – Media Luna**, para hacer el recojo de **200 kilos de lodo residual**, con la finalidad de poder desarrollar las actividades del proyecto en mención.

Adjunto:

- Resolución C. O. N° 286-2017-UNAM

Por lo Expuesto:

Ruego a usted, tenga a bien acceder a mi solicitud

Moquegua, 08 de mayo del 2018.

Atentamente:

Rubell Cristian Tobala Cruz
DNI N° 72909285

Rubell12@hotmail.com
Cel: 941276293

Anexo 2: Autorización para el ingreso a la PTAR Media Luna.

AUTORIZACIÓN

Se autoriza al Sr. RUBELL CRISTIAN TOBALA CRUZ el ingreso a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) - Media Luna con el fin de realizar un muestreo de lodo residual (200 kilos) con fines de investigación, durante una semana (7dias) iniciando sus actividades el día de hoy 11 de Mayo de 2018.



B. Ing. Arturo Bazán Lajo
Jefe de la División de Producción

Anexo 3: Solicitud de ingreso al Vivero Municipal

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

CARTA DE SOLICITUD DE INGRESO

Municipalidad Provincial de Ilo
TRAMITE DOCUMENTARIO
RECIBIDO
17 ABR. 2017
Hora: 14:36 Firma:
Exp. 640874

-01-
GSC

SR:
William David Valdivia Davila
Alcalde de la Municipalidad Provincial de Ilo
Malecón Costero Miramar 1200 – 1202

ILO.-

Es grato dirigirme a Ud. Para saludarlo cordialmente y la vez presentarme, YO RUBELL CRISTIAN TOBALA CRUZ, identificado con DNI N° 72909285, Egresado de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Moquegua, ante usted con el debido respeto expongo:

Que, mediante **Resolución de Comisión Organizadora N° 070-2017-UNAM**, de la Universidad Nacional de Moquegua, se aprobó las bases para la convocatoria complementaria del concurso de proyectos de investigación de tesis de estudiantes y egresados, con financiamiento del canon minero, sobre canon, y regalías mineras de la UNAM, de la cual mi persona está postulando con el proyecto de investigación ***"Evaluación de la efectividad de la lombriz (Eisenia foetida) en el tratamiento de lodos residuales provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) a nivel experimental, Ilo 2017".***

Por lo cual solicito a usted, pueda brindar las facilidades para el ingreso al vivero municipal, con la finalidad de poder desarrollar las actividades del proyecto en mención.

Por lo Expuesto:

Ruego a usted, tenga a bien acceder a mi solicitud

Moquegua, 17 de abril del 2017.

Atentamente

Rubell Cristian Tobala Cruz
DNI N° 72909285

Rubell Cristian Tobala Cruz
Celular: 941276293

Anexo 4: Cuadro de F de tablas.

	Grados de libertad del numerador										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	243.91
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385	19.396	19.413
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855	8.7446
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988	5.9644	5.9117
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351	4.6777
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.0990	4.0600	3.9999
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767	3.6365	3.5747
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472	3.2839
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373	3.0729
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782	2.9130
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962	2.8536	2.7876
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534	2.6866
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.6710	2.6037
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022	2.5342
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437	2.4753

Anexo 4: Resultados del análisis del laboratorio



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

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE	:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
PROCEDENCIA	:	MOQUEGUA
MUESTRA DE	:	LODO
REFERENCIA	:	H.R. 63526
FACTURA	:	2875
FECHA	:	29/05/18

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %
458	Muestra MI1	6.05	28.00	27.98	1.86	1.21	0.26

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
458	Muestra MI1	9.91	1.59	5.85	1.38	15.04

Lab. Análisis de Suelos, Agua y Plantas
LASPAF
UNALM

Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

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

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

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
PROCEDENCIA : MOQUEGUA/ ILO
MUESTRA DE : LODO RESIDUAL
REFERENCIA : H.R. 86072
FACTURA : 4005
FECHA : 07/12/18

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %
1145	T3R1	7.38	9.25	39.14	1.95	2.83	0.63
1146	T3R2	7.29	9.81	40.401	1.92	3.17	0.70
1147	T3R3	7.46	9.63	40.72	1.89	2.96	0.74
1148	T3R4	7.51	8.66	39.63	1.90	2.89	0.75
1149	T4R1	7.38	11.60	39.26	1.95	2.92	0.64
1150	T4R2	7.29	9.40	40.54	2.00	3.04	0.66
1151	T4R3	7.47	9.67	41.27	1.83	3.17	0.71
1152	T4R4	7.38	8.97	39.46	1.84	2.89	0.67
1153	LRF1	6.73	14.10	43.23	2.05	4.14	0.25

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
1145	T3R1	7.21	1.19	53.26	0.68	11.23
1146	T3R2	7.7	1.14	51.85	0.80	11.83
1147	T3R3	7.56	1.23	54.23	0.71	12.06
1148	T3R4	6.69	1.25	52.27	0.66	11.58
1149	T4R1	7.21	1.24	53.28	0.73	10.91
1150	T4R2	7.7	1.15	52.03	0.68	11.14
1151	T4R3	7.35	1.14	54.23	0.73	12.62
1152	T4R4	7.63	1.19	50.04	0.64	12.13
1153	LRF1	8.89	1.11	4.94	0.93	11.73

LASPAF

Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

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

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

INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE	:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
PROCEDENCIA	:	MOQUEGUA/ ILO
MUESTRA DE	:	LODO RESIDUAL
REFERENCIA	:	H.R. 68072
FACTURA	:	4005
FECHA	:	07/12/18

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P_2O_5 %	K_2O %
1137	T1R1	7.46	11.50	41.26	2.09	2.51	0.88
1138	T1R2	7.42	9.19	41.74	1.86	3.47	0.84
1139	T1R3	7.29	8.82	40.92	1.75	3.26	0.87
1140	T1R4	7.38	9.00	39.56	1.85	2.99	0.68
1141	T2R1	7.51	9.38	40.66	1.95	2.85	0.84
1142	T2R2	7.38	11.70	40.97	1.89	3.47	0.87
1143	T2R3	7.29	9.23	41.95	1.97	3.24	0.88
1144	T2R4	7.16	12.60	39.98	1.98	3.15	0.66

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %	Relación C/N
1137	T1R1	7.70	1.12	54.49	0.76	10.78
1138	T1R2	8.26	1.16	52.74	0.67	12.42
1139	T1R3	8.98	1.15	52.76	0.65	12.84
1140	T1R4	7.77	1.32	52.53	0.72	11.68
1141	T2R1	8.12	1.10	56.22	0.65	11.73
1142	T2R2	8.33	1.12	51.94	0.73	12.16
1143	T2R3	8.75	1.12	51.48	0.72	11.90
1144	T2R4	7.21	1.22	45.44	0.79	11.72

LASPAF

Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

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

Anexo 5: Registros de los parámetros de pH, temperatura y humedad.

MEDICIÓN DEL PARÁMETRO DE PH																				
MESES	Fecha	Trat: 1, Rep: 1	Trat: 1, Rep: 2	Trat: 1, Rep: 3	Trat: 1, Rep: 4	Trat: 2, Rep: 1	Trat: 2, Rep: 2	Trat: 2, Rep: 3	Trat: 2, Rep: 4	Trat: 3, Rep: 1	Trat: 3, Rep: 2	Trat: 3, Rep: 3	Trat: 3, Rep: 4	Trat: 4, Rep: 1	Trat: 4, Rep: 2	Trat: 4, Rep: 3	Trat: 4, Rep: 4	Trat: 5, Rep:1	Trat: 5, Rep:2	Trat: 5, Rep:3	Trat: 5, Rep:4
JULIO	01/07/2018	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	6.02	6.03	6.03	6.05	6.01	6.02	6.03	6.02	6.01	6.01	6.01	6.04
	05/07/2018	5.7	5.8	5.8	5.7	5.8	5.8	5.8	5.9	6.04	6.05	6.05	6.08	6.03	6.05	6.05	6.05	6.01	6.01	6.01	6.04
	09/07/2018	5.8	5.8	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.06	6.09	6.08	6.13	6.06	6.09	6.07	6.07	6.02	6.02	6.02	6.02
	13/07/2018	5.8	5.7	5.7	5.7	5.9	5.9	5.9	5.9	6.09	6.11	6.11	6.18	6.08	6.12	6.11	6.06	6.02	6.03	6.03	6.03
	17/07/2018	5.8	5.8	5.8	5.7	5.9	5.9	5.9	5.9	6.11	6.14	6.15	6.21	6.12	6.15	6.13	6.12	6.03	6.04	6.04	6.04
	21/07/2018	5.8	5.8	5.9	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.16	6.16	6.19	6.26	6.15	6.18	6.17	6.15	6.03	6.01	6.01	6.04
	25/07/2018	5.9	5.9	5.9	5.8	6	6	5.9	6	6.21	6.19	6.25	6.33	6.22	6.24	6.23	6.21	6.04	6.01	6.01	6.04
	29/07/2018	5.9	5.9	5.9	5.9	6	6	6	6	6.24	6.24	6.29	6.38	6.25	6.27	6.27	6.24	6.04	6.02	6.02	6.02
AGOSTO	02/08/2018	6.1	6.35	6.29	6.33	6.45	6.31	6.27	6.26	6.28	6.27	6.33	6.44	6.27	6.31	6.31	6.27	5.99	6.03	6.03	6.02
	06/08/2018	6.2	6.39	6.31	6.35	6.49	6.33	6.29	6.29	6.31	6.31	6.37	6.48	6.32	6.33	6.35	6.31	5.99	6.01	6.01	6.02
	10/08/2018	6.3	6.41	6.33	6.37	6.54	6.35	6.31	6.33	6.35	6.33	6.39	6.53	6.36	6.35	6.39	6.35	5.98	6.01	6.01	6.04
	14/08/2018	6.3	6.45	6.35	6.41	6.59	6.39	6.33	6.35	6.38	6.35	6.41	6.58	6.39	6.37	6.41	6.39	5.97	6.02	6.02	6.02
	18/08/2018	5.8	6.49	6.39	6.45	6.62	6.43	6.35	6.38	6.42	6.37	6.44	6.61	6.43	6.39	6.44	6.41	5.98	6.03	6.03	6.03
	22/08/2018	5.9	6.53	6.43	6.49	6.67	6.46	6.39	6.41	6.45	6.39	6.49	6.65	6.45	6.43	6.49	6.45	5.97	6.04	6.04	6.02
	26/08/2018	5.9	6.57	6.46	6.52	6.71	6.51	6.41	6.44	6.49	6.43	6.53	6.69	6.48	6.47	6.53	6.48	5.98	6.01	6.01	6.02
	30/08/2018	5.8	6.61	6.49	6.58	6.75	6.55	6.45	6.47	6.54	6.45	6.59	6.74	6.53	6.49	6.57	6.53	5.98	6.01	6.01	6.02
SETIEMBRE	03/09/2018	6	6.65	6.53	6.61	6.82	6.59	6.49	6.51	6.58	6.47	6.63	6.81	6.57	6.53	6.63	6.57	5.98	6.02	6.02	6.02
	07/09/2018	6.1	6.67	6.55	6.65	6.86	6.64	6.53	6.53	6.62	6.51	6.68	6.85	6.61	6.56	6.68	6.62	5.99	6.03	6.03	6.03
	11/09/2018	6.1	6.71	6.58	6.69	6.92	6.66	6.56	6.56	6.65	6.55	6.71	6.91	6.66	6.59	6.71	6.66	5.99	6.04	6.04	6.02
	15/09/2018	6.2	6.75	6.65	6.72	6.95	6.69	6.63	6.62	6.69	6.61	6.74	6.94	6.69	6.64	6.74	6.69	6.01	6.01	6.01	6.02
	19/09/2018	6.2	6.79	6.69	6.75	6.99	6.73	6.67	6.66	6.72	6.65	6.78	6.98	6.73	6.68	6.77	6.72	6.01	6.01	6.01	6.04
	23/09/2018	6.4	6.83	6.75	6.79	7.09	6.76	6.71	6.69	6.76	6.67	6.81	7.08	6.76	6.74	6.81	6.76	6.02	6.02	6.02	6.02
	27/09/2018	6.5	6.87	6.83	6.84	7.15	6.81	6.79	6.73	6.82	6.75	6.85	7.14	6.83	6.81	6.85	6.84	6.02	6.03	6.03	6.03
OCTUBRE	01/10/2019	7.09	6.91	6.89	6.88	7.22	6.86	6.85	6.77	6.86	6.83	6.89	7.21	6.86	6.87	6.89	6.87	6.03	6.01	6.01	6.02
	05/10/2019	7.15	6.97	6.91	6.93	7.27	6.92	6.89	6.82	6.93	6.88	6.97	7.26	6.94	6.92	6.95	6.93	6.03	6.01	6.01	6.02
	09/10/2019	7.21	7.12	6.97	6.98	7.32	6.96	6.95	6.89	6.97	6.93	7.04	7.31	6.97	6.97	6.99	6.97	6.04	6.02	6.02	6.02
	13/10/2019	7.27	7.19	7.09	7.12	7.36	7.11	7.07	6.94	7.09	7.05	7.12	7.35	7.11	7.08	7.09	7.12	6.04	6.01	6.01	6.02
	17/10/2019	7.34	7.29	7.15	7.21	7.41	7.18	7.13	6.99	7.17	7.11	7.21	7.42	7.16	7.13	7.16	7.17	6.05	6.01	6.01	6.02
	21/10/2019	7.41	7.35	7.21	7.28	7.45	7.25	7.19	6.05	7.24	7.18	7.29	7.45	7.23	7.19	7.21	7.23	6.05	6.02	6.02	6.02
	25/10/2019	7.44	7.39	7.25	7.31	7.49	7.29	7.25	6.12	7.28	6.24	7.36	7.49	7.31	7.25	7.36	7.33	6.05	6.03	6.03	6.02
	29/10/2019	7.46	7.42	7.29	7.38	7.51	7.38	7.29	7.16	7.38	7.29	7.46	7.51	7.38	7.29	7.47	7.38	6.05	6.04	6.04	6.02

MEDICIÓN DEL PARÁMETRO DE TEMPERATURA																					
MESES	Fecha	Trat: 1, Rep: 1	Trat: 1, Rep: 2	Trat: 1, Rep: 3	Trat: 1, Rep: 4	Trat: 2, Rep: 1	Trat: 2, Rep: 2	Trat: 2, Rep: 3	Trat: 2, Rep: 4	Trat: 3, Rep: 1	Trat: 3, Rep: 2	Trat: 3, Rep: 3	Trat: 3, Rep: 4	Trat: 4, Rep: 1	Trat: 4, Rep: 2	Trat: 4, Rep: 3	Trat: 4, Rep: 4	Trat: 5, Rep: 1	Trat: 5, Rep: 2	Trat: 5, Rep: 3	Trat: 5, Rep: 4
JULIO	01/07/2018	19.1	19.2	19.1	20.1	19.8	19.9	19.9	19.8	19.9	19.8	20.1	19.9	19.8	20.1	20.1	19.9	20.1	20	20.1	20.2
	05/07/2018	19.4	19.5	19.6	19.8	19.9	19.8	19.8	19.9	20.1	20.1	20.2	19.8	20.1	20.2	20.2	19.9	20	20.2	20.1	20.1
	09/07/2018	19.6	20.1	20.1	19.7	19.8	19.9	19.7	20.1	20.2	20.2	19.8	20.1	19.8	20.1	20.1	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
	13/07/2018	20	20.2	20.1	20.2	20.1	19.7	19.8	20.2	19.8	20.1	19.9	20.2	20.2	19.8	20	19.7	19.8	19.8	19.8	19.8
	17/07/2018	19.7	19.8	20	20.1	20.2	19.9	19.9	19.8	19.7	20.2	19.8	20.1	19.8	19.8	20.2	19.9	19.8	19.8	19.8	19.9
	21/07/2018	20.1	19.9	19.7	20	20.1	20.1	19.7	20	20.1	20	20.1	20.1	20.2	19.9	19.8	19.7	19.6	19.7	19.6	19.6
	25/07/2018	19.8	20	19.8	19.8	19.8	20.2	19.9	19.8	20.2	20.1	20	20.2	19.8	20.1	19.9	20.1	19.5	19.5	19.7	19.7
	29/07/2018	20.1	19.7	19.6	19.9	19.9	20	19.8	20.1	19.9	20.2	19.9	20	20.2	19.8	19.8	20.2	19.1	19.1	19.1	19.2
AGOSTO	02/08/2018	19.2	20.1	20.1	19.7	19.9	20.1	19.8	19.8	19.8	20.1	20.1	20.1	19.8	20.1	20.1	20.1	18.7	18.6	18.8	18.9
	06/08/2018	19.6	20.2	20.1	20.1	19.8	19.8	20	20.1	20	19.8	19.8	20.2	20.1	20.2	19.8	19.8	18.4	18.5	18.6	18.8
	10/08/2018	20.1	20	20.2	19.8	19.7	19.7	20.1	20.2	19.7	19.9	19.9	20.1	19.8	20.3	19.9	20.1	18.5	18.6	18.5	18.7
	14/08/2018	19.8	19.8	20.3	20.1	19.9	20.1	20.2	20.1	19.8	19.7	19.8	20.1	20.1	19.8	20.1	20.2	18.4	18.5	18.4	18.5
	18/08/2018	19.6	19.7	19.7	20.2	19.8	19.9	19.8	19.8	20.1	19.8	20.1	20.2	19.8	20.1	20.2	20	18.3	18.3	18.4	18.6
	22/08/2018	20.1	19.8	19.8	20.1	19.8	20	20.1	19.7	20.2	20.1	20.1	20.1	20.1	19.8	20.1	20.1	18.2	18.2	18.3	18.5
	26/08/2018	20.2	20.1	19.9	19.8	20	20.1	19.9	19.9	19.8	19.7	20.2	20.2	19.8	19.9	19.9	20.2	18.2	18.2	18.2	18.4
	30/08/2018	20.1	20.2	19.7	20.2	20.1	20.2	20	19.8	20.2	20.1	19.8	20.1	20.1	19.7	19.8	20.1	18.2	18.1	18.2	18.3
SETIEMBRE	03/09/2018	20.1	19.8	20.1	19.8	19.7	20.1	19.9	20.2	19.9	19.8	20.2	19.9	19.8	19.8	19.7	20	18.1	18.1	18.1	18.3
	07/09/2018	19.9	19.9	20	20.1	19.8	20.2	20.1	20.1	20.2	20.1	20.1	19.8	20.1	20.1	19.8	20.1	18.1	18.1	18	18.2
	11/09/2018	19.8	19.7	20.2	19.8	20.2	19.9	19.8	19.8	19.7	19.9	20.2	19.9	19.8	19.8	20	20.2	18	18	18	18.1
	15/09/2018	20.1	20.1	19.7	20	20.1	19.8	20.2	19.7	20.2	20.1	20	19.8	20.1	20	20.1	20.1	17.9	17.8	17.9	18
	19/09/2018	20.2	20.2	19.8	20.1	19.9	20.1	19.8	19.9	20.1	20	20.3	19.7	19.9	20.1	20.2	20.2	17.8	17.8	17.9	17.9
	23/09/2018	19.9	20.2	19.9	20.2	19.8	20.2	20	20.1	20.1	20.2	20.1	20.1	19.8	20.2	19.8	20.1	17.8	17.7	17.8	17.8
	27/09/2018	20.1	20	20.2	19.8	19.9	19.8	20.1	20	20.2	19.8	19.9	19.8	19.8	20.1	19.9	20.2	17.8	17.7	17.8	17.7
OCTUBRE	01/10/2019	19.8	19.8	20.1	20.2	20.1	19.8	19.8	20.2	19.8	19.8	19.8	20.1	20.1	19.8	20.1	20.1	17.6	17.7	17.7	17.7
	05/10/2019	20.2	19.9	20.3	20.1	20.2	20.1	20.1	19.8	19.7	19.9	19.9	19.9	19.8	20	20.1	20.2	17.7	17.6	17.7	17.6
	09/10/2019	20.1	20.1	19.8	19.9	20.1	20	20.2	19.9	19.8	20.1	19.8	20.1	19.9	20.1	20	20.1	17.6	17.7	17.6	17.6
	13/10/2019	20.1	20.2	19.9	20.1	20	20.2	20.1	20.1	20.1	20.2	19.7	19.8	20.1	20.2	20.2	20.2	17.5	17.6	17.6	17.6
	17/10/2019	19.9	20	19.7	19.8	19.9	19.9	20	19.7	19.8	20.3	20.1	20.2	20.2	20.1	20.2	20.1	17.5	17.5	17.6	17.5
	21/10/2019	19.8	20.2	20.2	20.1	20.1	19.8	20.1	20.1	20.2	20.2	20.2	19.9	19.8	19.8	20.1	20.2	17.5	17.3	17.5	17.4
	25/10/2019	19.8	19.7	20	19.8	20.1	19.8	20.2	20.2	19.8	20.1	20	20.1	20.1	19.9	20.1	20	17.4	17.3	17.4	17.4
	29/10/2019	19.8	20	20.1	19.9	19.9	20	20.1	19.8	20.1	20.2	19.8	19.8	19.9	20.1	20.2	19.9	17.3	17.2	17.4	17.3

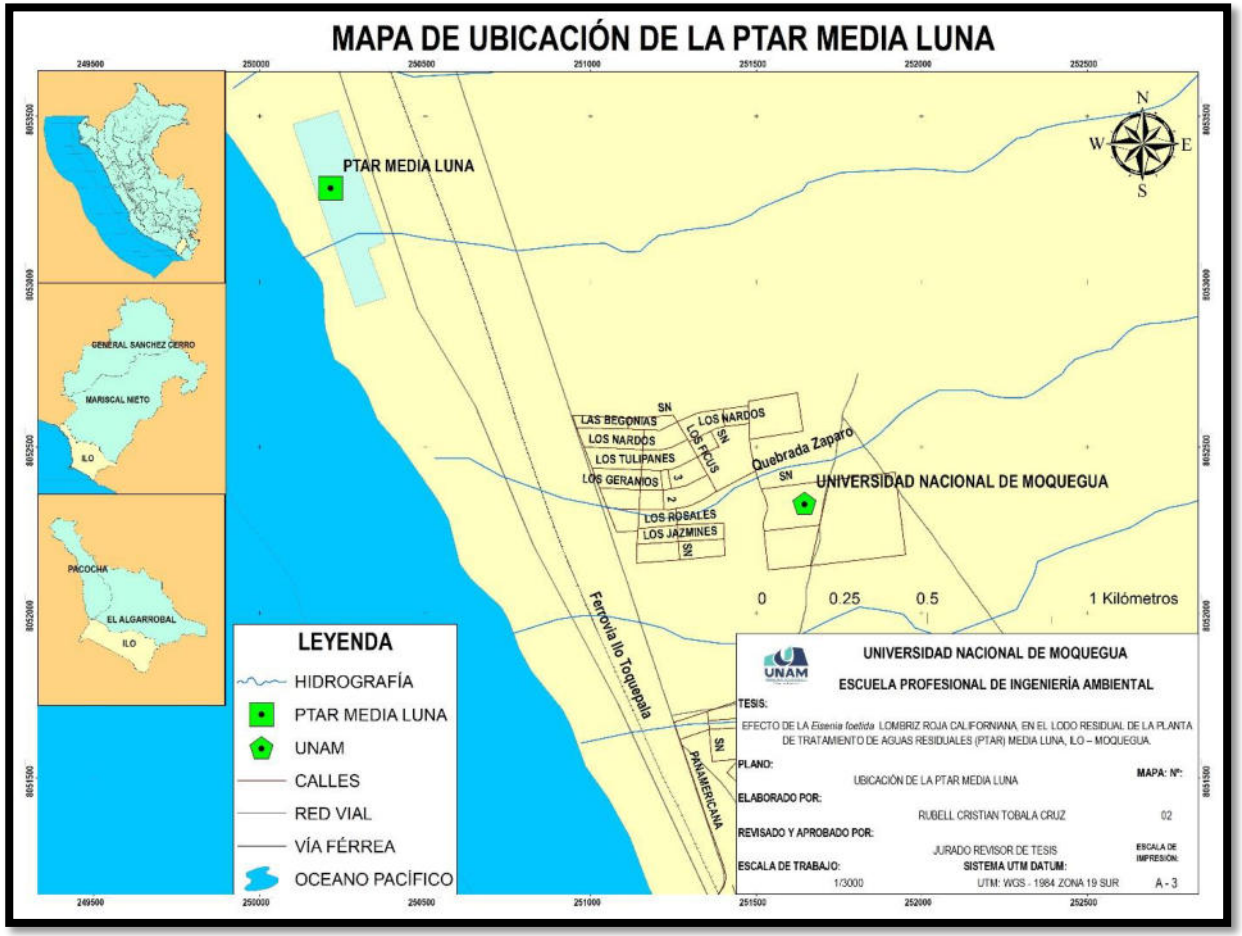
MEDICIÓN DEL PARÁMETRO DE HUMEDAD																					
MESES	Fecha	Trat: 1, Rep: 1	Trat: 1, Rep: 2	Trat: 1, Rep: 3	Trat: 1, Rep: 4	Trat: 2, Rep: 1	Trat: 2, Rep: 2	Trat: 2, Rep: 3	Trat: 2, Rep: 4	Trat: 3, Rep: 1	Trat: 3, Rep: 2	Trat: 3, Rep: 3	Trat: 3, Rep: 4	Trat: 4, Rep: 1	Trat: 4, Rep: 2	Trat: 4, Rep: 3	Trat: 4, Rep: 4	Trat: 5, Rep: 1	Trat: 5, Rep: 2	Trat: 5, Rep: 3	Trat: 5, Rep: 4
JULIO	01/07/2018	75	76	77	76	77	76	77	76	77	78	76	77	76	77	76	77	76	76	77	76
	05/07/2018	74	74	77	75	75	77	77	75	76	77	77	77	76	77	76	77	76	77	77	76
	09/07/2018	76	75	76	75	75	76	75	75	75	77	77	77	75	75	77	75	76	77	77	76
	13/07/2018	72	75	75	74	74	75	74	74	75	77	77	76	76	75	75	75	75	76	75	75
	17/07/2018	71	76	74	74	73	74	75	73	74	76	76	75	75	76	74	75	75	75	74	74
	21/07/2018	70	72	75	73	72	74	74	72	73	75	75	75	74	77	73	74	75	74	74	74
	25/07/2018	70	71	73	73	72	75	73	72	72	74	74	74	74	74	72	73	74	73	73	73
	29/07/2018	71	70	72	71	71	73	73	71	72	73	73	73	72	73	7.2	72	71	72	72	72
AGOSTO	02/08/2018	75	77	76	75	76	77	76	77	76	77	76	77	78	76	76	75	76	77	76	76
	06/08/2018	77	75	76	75	76	77	76	75	77	77	75	76	77	77	76	75	76	77	76	76
	10/08/2018	78	75	76	75	76	76	77	75	76	75	75	75	77	77	76	75	76	76	77	77
	14/08/2018	76	77	75	74	75	75	76	74	75	74	74	75	77	77	75	74	75	75	76	75
	18/08/2018	76	76	75	74	75	76	75	73	74	75	73	74	76	76	75	74	75	76	75	74
	22/08/2018	78	74	74	73	75	75	74	72	74	74	72	73	75	75	74	73	75	75	74	73
	26/08/2018	77	73	73	75	77	74	75	72	75	73	72	72	74	74	73	75	77	74	75	72
	30/08/2018	75	74	71	75	74	73	74	71	73	73	71	72	73	73	71	75	74	73	74	7.2
SETIEMBRE	03/09/2018	75	76	77	76	77	76	77	76	77	75	77	76	75	76	77	76	77	75	77	76
	07/09/2018	75	76	77	76	75	77	77	75	76	77	75	76	75	76	77	75	76	77	75	76
	11/09/2018	75	76	76	77	75	76	75	75	75	78	75	76	75	76	75	75	75	78	75	76
	15/09/2018	74	75	75	76	74	75	74	74	75	76	77	75	74	75	74	74	75	76	77	75
	19/09/2018	74	75	76	75	73	74	75	73	74	76	76	75	74	75	75	73	74	76	76	75
	23/09/2018	73	75	75	74	72	74	74	72	73	78	74	74	73	75	74	72	73	78	74	74
	27/09/2018	75	77	74	75	72	75	73	72	72	77	73	73	75	77	73	72	72	77	73	73
OCTUBRE	01/10/2019	76	75	76	77	76	77	76	77	76	76	77	76	77	76	77	78	76	76	75	76
	05/10/2019	76	75	76	77	76	75	77	77	75	76	75	77	77	75	76	77	77	76	75	76
	09/10/2019	76	75	76	76	77	75	76	75	75	77	75	76	75	75	75	77	77	76	75	76
	13/10/2019	75	74	75	75	76	74	75	74	74	76	74	75	74	74	75	77	77	75	74	75
	17/10/2019	75	74	75	76	75	73	74	75	73	75	73	74	75	73	74	76	76	75	74	75
	21/10/2019	74	73	75	75	74	72	74	74	72	74	72	74	74	72	73	75	75	74	73	75
	25/10/2019	73	75	77	74	75	72	75	73	72	75	72	75	73	72	72	74	74	73	75	77
	29/10/2019	71	75	74	73	74	71	73	73	71	74	71	73	73	71	72	73	73	71	75	74

Anexo 6: Mapa de Ubicación del trabajo de investigación.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 7: Mapa de la PTAR Media Luna.



Fuente: Elaboración Propia.

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA PARA TESIS AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL ACCESO ABIERTO DE LA UNAM

VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNAM aprobada mediante la Resolución de C.O. N° 0158-2016-UNAM.

1. DATOS PERSONALES DEL AUTOR

Apellidos y Nombres:	TOBALA CRUZ RUBELL CRISTIAN
D.N.I.:	72909285
Otro Documento:	
Nacionalidad:	PERUANA
Teléfono:	941276293
e-mail:	rubell12@hotmail.com

2. DATOS ACADÉMICOS

Escuela Profesional:	INGENIERÍA AMBIENTAL
Grado Académico otorgado:	BACHILLER INGENIERIA AMBIENTAL
Título Profesional otorgado:	INGENIERIA AMBIENTAL
Tesis (Pregrado y/o Postgrado):	PREGRADO
Modalidad de Titulación:	TESIS

3. DATOS DE LA TESIS

Título de la tesis:	EFECTO DE LA Eisenia foetida LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA, EN EL LODO RESIDUAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) MEDIA LUNA, ILO - MOQUEGUA.
Fecha de Sustentación:	30/12/2020
Calificación:	15
Año de Publicación:	2021

4. DATOS DEL ASESOR

Apellidos y Nombres:	FLORES QUISPE EDUARDO LUIS
D.N.I.:	41427350
Otro Documento:	
Nacionalidad:	PERUANA
Teléfono:	951484558
e-mail:	edu-fq@hotmail.com

5. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua para su explotación no exclusiva, ilimitada, perpetua y con alcance mundial, a favor de la Universidad Nacional de Moquegua.

Según el Reglamento de la Ley Nº 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto DECRETO SUPREMO Nº 006-2015-PCM "TÍTULO IV GESTIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL Y DE LOS DATOS PERSONALES; *Artículo 10º.- De los Derechos: Esta cesión de derechos comprende, mas no se limita, a los derechos de reproducción, comunicación al público, distribución, traducción, adaptación, arreglo, edición, modificación, cambio de formato u otra transformación, importación al territorio nacional de copias por cualquier medio incluyendo la transmisión, así como cualquier otra forma de utilización de las obras, datos procesados y estadísticas de monitoreo que no estén contempladas en la ley de la materia como excepción al derecho patrimonial y, en general, para cualquier tipo de utilización y explotación, que la entidad estime pertinentes, en cualquier forma o procedimiento, conocido o por conocerse, pudiendo poner a disposición las obras, datos procesados y estadísticas de monitoreo por medio de autorizaciones o licencias a favor del público en general."*

Sin perjuicio de otras obligaciones a su cargo, EL AUTOR deberá entregar una versión digital final de la TESIS sin ninguna medida tecnológica efectiva ni sistema de auto tutela, sin contraseña ni restricción, de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) en relación con el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto. Cuando las obras contengan en parte o consistan en programas de ordenador o software, además deberá entregar el código fuente, código objeto, documentación técnica y manuales. Lo dispuesto en relación con los programas de ordenador no se aplicará cuando la entidad pública sea sólo licenciataria del software.

Para facilitar la divulgación y alcance nacional e internacional de los resultados de las investigaciones en materia de ciencia, tecnología e innovación contenidos en los repositorios institucionales y en el Repositorio Nacional Digital, se autoriza la traducción automática a otros idiomas y dialectos por medio de programas de ordenador de las obras, datos procesados y estadísticas de monitoreo, así como de los metadatos de los mismos. En caso de ser fijadas o reproducidas, se deberá incluir expresamente que se trata de traducciones hechas por medios informáticos, con fines ilustrativos o referenciales.

Firma y huella digital: RuBell



Fecha de autorización: 18/08/2021