



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Vargas Rojas, Lizbeth Ángela (ORCID: 0000-0002-1677-9691)

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco Wilber Samuel (ORCID: 0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, que con su gracia ilumina mi camino.
A mi abuela y madre que son la fuente de mi
inspiración y brindan su apoyo incondicional
Y las personas que, con su apoyo, me ayudan
a avanzar en el camino de la vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la oportunidad de estar presente hoy.

A mis abuelos que con su paciencia y amor guiaron mis pasos.

A mi madre que supo animarme a seguir adelante.

A mi Universidad Alas Peruanas que fue mi alma mater en inculcarme los conocimientos previos y a la Universidad Cesar Vallejo y al asesor al MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco por su orientación

A todos los que con su apoyo me enseñaron a seguir hacia adelante.

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de gráficos y figuras	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación	20
3.2. Variables y Operacionalización	21
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.5. Procedimiento	23
3.6. Método de análisis de datos	31
3.7. Aspectos éticos	31
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN	48
VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS	60
Anexo N° 1. Declaración de originalidad de las autoras	60
Anexo N° 2. Declaratoria de autenticidad del asesor	61
Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables	62
Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos	63

Índice de tablas

Tabla 1: Características físicas de las aguas residuales domésticas	12
Tabla 2: Características químicas de las aguas residuales domésticas	13
Tabla 3: Organismos presentes en las aguas residuales domésticas	14
Tabla 4 Factores y dominio experimental	20
Tabla 5. Matriz de diseño experimental	21
Tabla 6. Variables de investigación	21
Tabla 7. Fichas de recolección de datos	22
Tabla 8. Características de las lombrices y lombrifiltro	33
Tabla 9. Resultados de la concentración inicial de coliformes totales y <i>E. coli</i> .	34
Tabla 10. Resultados de la concentración final de coliformes totales	35
Tabla 11. Resultados de la concentración final de <i>E. coli</i> .	35
Tabla 12. Resultados del porcentaje de reducción de coliformes totales	35
Tabla 13. Resultados del porcentaje de reducción de <i>E. coli</i>	35
Tabla 14. pH finales de las muestras después del tratamiento	36
Tabla 15. Información del factor para coliformes totales	44
Tabla 16. Análisis de varianza para coliformes totales	44
Tabla 17. Información del factor para <i>E. coli</i>	45
Tabla 18. Análisis de varianza para <i>E. coli</i>	45

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Modelo de lombrifiltro	15
Figura 2: Ubicación del punto de muestreo de aguas residuales domésticas	23
Figura 3: Preparación de envases antes de la toma de muestra	24
Figura 4: Recolección de muestras de aguas residuales	25
Figura 5: Dimensiones del lombrifiltro	26
Figura 6: Adaptaciones al sistema de lombrifiltro	27
Figura 7: Distribución de material filtrante, aserrín y lombrices	27
Figura 8: Aserrín, grava fina y piedras de río recolectadas	28
Figura 9: Lombrices rojas californianas jóvenes	28
Figura 10: Lavado de piedra y grava recolectada	29
Figura 11: Adaptación del balde de 20 L con aguas residuales	29
Figura 12: Agregado de lombrices para inicio del proceso	30
Figura 13: Pruebas experimentales con el lombrifiltro	31
Figura 14: Concentración final de coliformes totales en función del pH	36
Figura 15: Concentración final de <i>E. coli</i> en función del pH	37
Figura 16: Porcentaje de reducción de coliformes totales en función del pH	38
Figura 17: Porcentaje de reducción de <i>E. coli</i> en función del pH	38
Figura 18: Concentración final de coliformes totales en función del TRH	39
Figura 19: Concentración final de <i>E. coli</i> en función del TRH	40
Figura 20: Porcentaje de reducción de coliformes totales en función del TRH	40
Figura 21: Porcentaje de reducción de <i>E. coli</i> en función del TRH	41
Figura 22: Grafica de normalidad para el % de reducción de coliformes totales	42
Figura 23: Grafica de normalidad para el % de reducción de <i>E. coli</i>	42
Figura 24: Diagrama de Pareto para coliformes totales	47
Figura 25: Diagrama de Pareto para <i>E. coli</i>	47

RESUMEN

La investigación se realizó en el distrito de Huancan que se ubica en la provincia de Huancayo, departamento de Junín, con el fin de evaluar el lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancán-Huancayo 2021, las aguas residuales colectadas inicialmente fueron enviadas al laboratorio para el análisis inicial de coliformes totales y *E. coli*, así mismo se sometieron a las aguas residuales a un tratamiento de lombrifiltros usando lombrices rojas californianas, aserrín, piedra y grava como material filtrante variando el pH inicial de las aguas residuales a valores de 7 y 7.5, aplicando el proceso por tiempos de 12 horas y 24 horas a los que se denominaron tiempo de retención hidráulica (TRH), se empleó el método experimental y un diseño factorial con tres réplicas. La concentración inicial determinada en el Laboratorio de Investigación de Aguas de la UNCP de coliformes totales fue de 15531000 NMP/100 mL y de *E. coli* fue de 7270000 NMP/100 mL, los resultados de las muestras después de aplicarse el tratamiento arrojaron los máximos porcentajes de reducción de coliformes totales de un 99,9997 % ($C_{\text{final C.T}} = 31,33$ NMP/100 mL) con un pH de 7.5 y un TRH de 24 horas, así mismo el máximo porcentaje de reducción obtenido de *E. coli* fue de un 99,9998 % ($C_{\text{final E.C}} = 11,33$ NMP/100mL) con un pH de 7.5 y un TRH de 24 horas.

Palabras clave: Lombrifiltro, coliformes totales, *E. coli*, aguas residuales, colector.

ABSTRACT

The research was carried out in the district of Huancan located in the province of Huancayo, department of Junín, in order to evaluate the worm filter for the treatment of coliforms in domestic wastewater from the collector 31 de Octubre Huancán-Huancayo 2021, las aguas Initially collected residuals were sent to the laboratory for the initial analysis of total coliforms and *E. coli*, likewise the wastewater was subjected to an earthworm treatment using Californian red worms, sawdust, stone and gravel as filtering material, varying the initial pH of wastewater at values of 7 and 7,5, applying the process for times of 12 hours and 24 hours which were called hydraulic retention time (HRT), the experimental method and a factorial design with three replications were used. The initial concentration determined in the UNCP Water Research Laboratory of total coliforms was 15,531,000 NMP/100 mL and of *E. coli* was 7,270,000 NMP/100 mL, the results of the samples after applying the treatment yielded the maximum percentages of reduction of total coliforms of 99,9997 % ($C_{\text{final C.T}} = 31,33$ NMP/100 mL) with a pH of 7.5 and a TRH of 24 hours, likewise the maximum percentage of reduction obtained from *E. coli* was 99,9998 % ($C_{\text{final E.C}} = 11,33$ NMP/100 mL) with a pH of 7,5 and a TRH of 24 hours.

Keywords: Worm filter, total coliforms, *E. coli*, sewage, collector.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso primordial para la supervivencia de los seres vivos que habitan la tierra. Las ciudades son por excelencia el hábitat de los humanos; pero, actualmente se está produciendo un alarmante incremento en los índices de habitantes (según la ONU la población aumenta en 84 millones por año) y áreas de vivienda lo que a la vez genera más uso de los recursos hídricos y por ende mayor generación de aguas residuales, siendo el 80 % de estas aguas vertidas al medio ambiente sin ningún tratamiento de acuerdo a UNESCO, provocando alteraciones en la calidad del agua, daños al ecosistema y a la salud humana (ONU, 2019; UNESCO, 2017).

La provincia de Huancayo lidera la lista de ciudades que disponen de manera inadecuada y sin ningún tipo de tratamiento previo sus aguas residuales domésticas a los cursos de agua limpia, con descargas aproximadas anuales de 384 L/s (SUNASS, 2015).

En la Municipalidad Distrital de Huancan, el 50,3 % de las viviendas tienen acceso conexiones al servicio de desagüe según INEI 2017, estas conexiones tienen su disposición final en los colectores. El colector principal es el “31 de octubre” cuyas descargas las realiza directamente al río Mantaro sin ningún tratamiento previo, el volumen total descargado al río Mantaro según Dirección General de Estudios y Proyectos (DGEP) (1994) es de 57 L por día. Además cuenta con una PTAR de 6 lagunas de estabilización que se encuentra inoperativa y por ende las aguas residuales que llegan a las lagunas son dispuestas finalmente al río Chanchas sin ningún tratamiento causando la contaminación de sus aguas y generando malestares a la población debido a que esas aguas presentan gran carga orgánica (DBO: 511 mg/L, DQO: 547 mg/L y SST: 289 mg/L) y microbiológica (Coliformes Totales: $1,10 \times 10^7$ NMP/100 mL, Coliformes Fecales: $1,10 \times 10^7$ NMP/100 mL) Ramos Vargas (2014), que generan problemas gastrointestinales, contaminación de los cultivos y muerte de animales menores (Municipalidad Distrital de Huancan, 2018).

Como una solución al problema del vertimiento inadecuado de las aguas residuales lo que usualmente se aplica son tratamientos por lagunas facultativas en las PTAR, pero estas presentan dificultades, dado ello se han investigado

nuevos métodos aplicables a las aguas residuales del tipo domésticas y entre ellos se encuentra la construcción de lombrifiltros el cual presenta múltiples beneficios.

Para lo antes mencionado, se planteó el siguiente **problema general**: ¿Cómo será el lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancán-Huancayo 2021? Los **problemas específicos** son: ¿Cuáles serán las características del lombrifiltro y las lombrices para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021?, ¿Cuánto será el recuento de colonias de Coliformes totales y *Escherichia coli* presentes en las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021?, ¿Qué pH genera mejor actividad de las lombrices en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021? y ¿Qué tiempo de retención hidráulica reducirá la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* utilizando un lombrifiltro en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021?.

Se plantea por ello el **objetivo general** de la investigación el cual es evaluar el lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancán-Huancayo 2021. Así mismo, los **objetivos específicos** son: describir las características del lombrifiltro y las lombrices para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancán-Huancayo 2021, cuantificar las colonias de Coliformes totales y *Escherichia coli* presentes en las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021, determinar el pH que genera mejor actividad de las lombrices en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021 y determinar el tiempo de retención hidráulica que reducirá la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* utilizando un lombrifiltro en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

La justificación teórica, de debe a que se brindarán conocimientos acerca de un método de eliminación de coliformes de las aguas residuales, usando lombrices, cuyos resultados se pueden sistematizar como una propuesta de un nuevo tratamiento que pueda ser incorporado por las municipalidades distritales. La justificación técnica es debido a que se aportará un nuevo método de tratamiento de las aguas residuales para la eliminación de agentes microbiológicos, el cual será mediante lombrifiltros. La justificación social es debido a la implementación del lombrifiltro se tendrá una mejor calidad de las aguas residuales, se justifica económicamente porque resulta tener bajos costos en su instalación y ejecución, siendo muy sustentable y beneficiosa para aplicarla en diversas condiciones climáticas, además de que reduce eficazmente los parámetros indicadores de calidad de agua como presencia de Coliformes totales y fecales sin general olores desagradables ni ruidos (Saboya Ríos 2018). Se justifica ambientalmente ya que con la aplicación del lombrifiltro se reducirá la carga contaminante de las aguas residuales del distrito de Huancan.

La **hipótesis general** de la investigación es: mediante la evaluación del lombrifiltro para el tratamiento de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancán-Huancayo 2021, se reduce las concentraciones de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Así mismo, las **hipótesis específicas** son: se usarán lombrices rojas californianas jóvenes para un lombrifiltro de 6 L de capacidad, cuyas demás características dependerán del volumen de este, la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* sobrepasan los límites máximos permisibles, el pH no presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021 y el tiempo de retención hidráulica no presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Ramón et al. (2018), el objetivo fue diseñar y fabricar un sistema para tratar las aguas residuales para la población de Pamplona, para ello aplicaron el sistema (tratamiento Toja). Para el proceso se utilizaron los lombrifiltros que usan como materia filtrante una mezcla de *Eisenia foetida* y aserrín seguida de tres capas de carbón activado, grava y piedras de río de tamaño grande, finalmente un decantador para recolectar las muestras al final del proceso. Los resultados mostraron una eficiencia de remoción del 92,066 % respecto al DQO para un tratamiento de 182 días con temperaturas en un rango de 17 °C a 20 °C y variación de pH de entre 6,6 a 8 y una eficiencia del 89,5 % para un periodo de 33 días bajo las mismas condiciones anteriores.

Prasad Singh, et al. (2018) tuvieron como objetivo evaluar el rendimiento del filtro de flujo subsuperficial horizontal (HSSFF) y las unidades experimentales de humedales construidos (HSSFCW) mejoradas con lombrices de tierra en el tratamiento de las aguas residuales de los campos de construcción. Todas las unidades experimentales (filtro y humedal construido) se llenaron con la misma carga, excepto las lombrices de tierra *Eisenia foetida* y las plantas de *Lolium perenne Linn*. Los resultados revelaron que las eficiencias de eliminación para la demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno amónico ($NH_4^+ - N$), nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP) en EEF fueron mayores que la unidad BF. Los resultados revelaron que las eficiencias de eliminación de EEF para estos contaminantes fueron las más altas en condiciones experimentales n° 2 (nivel de agua=30 cm; TRH=3 días; carga hidráulica=4,05 cm/día; y descarga de flujo de flujo=0,27 L/h). En comparación con las unidades EEF y BF, el EECW tuvo una mayor eficiencia de eliminación de COD y TN y tuvo un rendimiento más estable que los filtros. Concluyeron que este trabajo ayudó en el diseño y mejora de los filtros y CW para el tratamiento de aguas residuales de efluentes de los campamentos de construcción.

Vizcaíno Mendoza, et al. (2016) tuvieron como objetivo saber la eficiencia de remoción de carga contaminante de un proceso biológico de gran impacto aplicado a las aguas residuales del tipo domésticas de la Municipalidad de San

Juan del César, evaluaron a nivel laboratorio los efectos en la reducción de materia orgánica, patógenos y nutrientes al someter las aguas a un tratamiento con *Eichhornia crassipes* y con *Eisenia foetida*. Por el periodo de 30 días, 3 tratamientos fueron aplicados: Trat.1: se aplicó un biofiltro de flujo vertical dinámico aerobio con *E. foetida*; Trat.2: se aplicó una técnica con flujo horizontal usando plantas que flotan y la especie; Trat.3: una técnica en serie utilizando ambas especies (*E. crassipes* y *E. foetida*) con unos periodos de retención hidráulica de 24 horas y se trabajó con caudales de 0,125 L/min para la especie *E.foetida* y 0,020 L/min para la especie *E. crassipes*. Los resultados mostraron una eficiencia de 69,2 % para DQO en el trat.1; una eficiencia del 100 % para SST en el trat.2 y en el caso del trat.3 mostró eficiencia respecto a los demás parámetros. Finalmente concluyeron que el tratamiento 3 resultó ser más eficiente en la remoción de sólidos totales, reducción de DQO, coliformes totales y fecales (*E.coli*).

Wang, Zhang, et al. (2016) tuvieron como objetivo investigar el rendimiento de un sistema de filtro ecológico (FE) y vermifiltración (VF), los efectos del sustrato y las lombrices de tierra en la diversidad y abundancia de genes denitrificadores que codifican las reductasas de nitrito (*nir S* y *nir K*). El sustrato en los reactores influyó significativamente en el índice de diversidad de Shannon y en la abundancia de *nir S* y *nir K*, así como en la tasa de desnitrificación. Sin embargo, las lombrices solo influyeron significativamente en la diversidad. Además, se concluyó que la evaluación de los factores que controlan la desnitrificación implicaba que el aumento de la disponibilidad de $\text{NH}_3\text{-N}$, la diversidad y la abundancia de *nir S* y *nir K* o la disminución de la $\text{NO}_3\text{-N}$ disponible podrían ser responsables de la actividad de desnitrificación mejorada obtenida mediante la FV para el tratamiento de aguas residuales domésticas rurales.

Wang, et al. (2011a) tuvieron como objetivo la evaluación del desempeño de un ecofiltro microbiano de lombrices de tierra para tratar aguas residuales del tipo domésticas sintéticas e investigaron los mecanismos de transformación de materia orgánica y nitrógeno. Los resultados mostraron que la vermifiltración redujo eficientemente la demanda química de oxígeno y el nitrógeno de amoníaco ($\text{NH}_3\text{-N}$) del afluente. La combinación de suelo sin polvo aumentó la

porosidad y el área de la superficie específica de otros medios, y esta estructura microporosa junto con la superficie del Wormcast facilitó enormemente la reducción de DQO a profundidades de 5 cm a 35 cm. Hubo una correlación positiva entre el índice de biodiversidad de Shannon para AOB y la disminución de la concentración de $\text{NH}_3\text{-N}$, lo que indicó que los microbios dominantes del suelo desempeñaron un papel importante en la eliminación de $\text{NH}_3\text{-N}$ y la conversión de nitrógeno. En contraste con informes anteriores, la identificación de secuencias recuperadas de especies de AOB mostró que la mayoría pertenecía a un género incierto de AOB. Concluyeron que este sistema de biofiltración representó una alternativa eficiente y de bajo costo para descontaminar las aguas residuales domésticas locales.

Castillo Sánchez y Chimbo Solórzano (2021), tuvieron como objetivo determinar la eficiencia de reducción de carga orgánica de aguas residuales de áreas rurales aplicando el método Tohá o lombrifiltros, con la especie *Eisenia foetida*, el sistema tuvo como materia filtrante, las lombrices, aserrín, grava, carbón activado y piedras pequeñas. Los mejores resultados los obtuvieron con el TRH de 0,92 horas y un caudal de 0,018 L/s, siendo los valores para DBO de 52,25 %, DQO un 66,74 %, de ST un 52,91 % y de SST un 66,74 %. Concluyeron a partir de los resultados que el sistema Tohá representa un eficiente tratamiento para reducir materia orgánica.

Arora et al. (2020), tuvieron como objetivo diseñar y evaluar el desempeño de los mecanismos dinámicos de las interacciones lombriz-microorganismos para el tratamiento de aguas residuales mediante tecnología de vermifiltración. Los resultados mostraron que el vermifiltro (VF) resultó en efluentes con (DBO) <5 mg/L, (DQO) <30 mg/L, coliformes <10³ NMP/100 mL, lo que significa una mayor eficacia del tratamiento. Los resultados mostraron además que el cuerpo de las lombrices de tierra estaba dominado por Gammaproteobacteria., y los porcentajes llegaron al 60 % de las especies microbianas, mientras que el VF mostró presencia de Firmicutes y Actinobacteria, lo que significó que las lombrices de tierra tuvieron un efecto profundo en el control de la biomasa microbiana y en la mejora de la actividad microbiana. Concluyeron que el perfil de proteínas de las bacterias asociadas con la FV mostró que la alimentación de

las lombrices de tierra y las interacciones entre los microorganismos y las lombrices de tierra fueron responsables de un mejor rendimiento del tratamiento.

Samal, Dash y Bhunia (2018), tuvieron como objetivo determinar la influencia de la cinética de descomposición de contaminantes y velocidad de la carga hidráulica en un lombrifiltro con macrofitas híbridas, para ello se diseñó 03 sistemas de forma horizontal cilíndrica de flujo vertical (VF-primera etapa) y 03 sistemas de forma horizontal cilíndrica de flujo horizontal (HF-segunda etapa) y se sembró *Canna indica* en estos para el estudio de la velocidad de carga hidráulica. Los vermifiltros se cargaron (a VF) con aguas residuales lácteas sintéticas a tres HLR de $0,3 \text{ m d}^{-1}$; $0,6 \text{ m d}^{-1}$ y $0,9 \text{ m d}^{-1}$ y se hicieron funcionar durante 100 días. Las constantes de la tasa de eliminación fueron mayores a HLR $0,6 \text{ m d}^{-1}$ y el valor de K_{DBO_5} , K_{DQO} , $K_{\text{NH}_4 + -\text{N}}$, K_{TN} , K_{TP} (para la unidad VF + HF) fueron 0,51; 0,41; 0,32; 0,23 y 0,26 respectivamente. La eficiencia del reactor de VF fue mayor que la del reactor de HF en el caso de todos los tipos de contaminantes. La reducción de DBO_5 encontrada fue de un 90,43 % cuando la VCH fue de $0,3 \text{ m d}^{-1}$ y un 85,75 % cuando la VCH fue de $0,6 \text{ m d}^{-1}$, en tanto que para DQO se encontró que fue un 85,59 % y un 79,64 %, respectivamente. El aumento porcentual del número de lombrices de tierra en todos los reactores de VF estuvo en el rango de 28,3–31,5 y en el reactor de HF en el rango de 19,1–26,2.

Singh et al. (2021), tuvieron como objetivo tratar la escorrentía del corral de engorde mediante el desarrollo de un sistema de tratamiento ecológicamente sostenible, asequible y resistente que tenga una vida útil relativamente larga. En este estudio se utilizaron tres biofiltros de suelo de flujo horizontal: 1) sin lombrices de tierra y plantas (Biofiltro (BF)), 2) solo con lombrices de tierra (Vermifiltro (VF)) y 3) con lombrices de tierra y plantas (Vermifiltro asistido por macrófitos (MAVF)). Los experimentos se realizaron con un tiempo de retención hidráulica de cuatro días utilizando lombrices de tierra *Lumbricus terrestris* y *Carex frankii* plantas de humedales. La remoción promedio de DQO de BF, VF y MAVF fue de 23,2 % a 30,4 %, de 61,4 % a 69,1 % y 68,3 % a 78,1 %, respectivamente. Las eficiencias medias de eliminación de TN para BF, VF y MAVF fueron de 15,5 % a 21,4 %, de 34,4 % a 38,8 % y 39,1 % a 44,0%, respectivamente. Además, las remociones promedio de TP para BF, VF y MAVF

fueron 31,9 %–40,8 %, 48,0 %–54,0 % y 51,1 %–58,3 %, respectivamente. El análisis de observación indicó que el sistema con lombrices de tierra es propenso a obstruirse, mientras que el sistema con lombrices de tierra y plantas era menos propenso a obstruirse. Por tanto, se puede concluir que si se modulariza.

Arora y Kazmi (2016), tuvieron como objetivo la eliminación de contaminantes químicos y patógenos en las aguas residuales a través de las interacciones sinérgicas de lombrices de tierra y microorganismos. Los resultados de un estudio a escala piloto al trabajar con un TRH de 24 horas y un pH que estuvo en un rango de 7,2 a 8 mostraron un mayor porcentaje de eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno (88 %), la demanda química de oxígeno (78 %), el total de sólidos en suspensión (83 %) y obtuvieron eficiencias de 91,706 % (reducción de 340000 NMP/100 mL a 28200 NMP/100 mL) para coliformes totales y un 96,084 % para *E. coli* (reducción de 332000 NMP/100 mL a 13000 NMP/100 mL). Concluyeron que la evaluación cinética mostró el predominio de un modelo de remoción de primer orden durante la vermifiltración.

Los alcances teóricos son descritos a continuación, mencionamos que la contaminación de las aguas se da cuando se añaden sustancias que de manera directa o indirecta logran alterar el estado natural de un cuerpo de agua a tal punto de llegar a afectar de manera negativa sus legítimos usos. Este concepto es totalmente práctico y por ende tiende a ser controversial debido a que se relaciona las alteraciones negativas con la contaminación, causada por los humanos. La visión práctica es relevante principalmente en los análisis de medidas de control en la disminución de contaminantes. La solución a la mayoría de estos problemas, especialmente materia orgánica y patógenos biodegradables, se ha alcanzado en muchas regiones desarrolladas, que ahora se concentran en la eliminación de nutrientes y microcontaminantes, junto con una atención sustancial a la contaminación causada por el drenaje de aguas pluviales (Parra Piérart y Chiang Rojas, 2013). En las regiones en desarrollo, los problemas básicos de contaminación aún deben ser tratados y toda la gama de contaminantes debe ser abordada. Sin embargo, debido a la escasez de recursos financieros en estas regiones, las prioridades deben establecerse (como lo han sido, en el pasado y siguen siendo, en las regiones desarrolladas), y la contaminación bruta por materia orgánica y la contaminación por patógenos

son Es probable que merezca una mayor atención. Naturalmente, cada región tiene sus propias especificidades, y éstas deben tenerse en cuenta al establecer las prioridades (Von Sperling, 2015).

Las aguas residuales vienen a ser aquellas que han sufrido modificaciones en sus propiedades naturales por ciertas actividades realizadas por las personas y dada su alta toxicidad necesitan de un tratamiento antes de poder verterlas a un medio receptor acuático, alcantarilla o rehusarlas (Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental, 2014).

Los componentes de las aguas residuales son factores de los usos a los que se presta el agua. Los usos pueden variar con el clima, la economía, estado social y hábitos de la población (Von Sperling, 2015).

El concepto de flujo doméstico abarca las aguas residuales que se originan en los hogares, así como las actividades comerciales e instituciones que normalmente son componentes de la localidad. Los valores más expresivos que se originan a partir de fuentes puntuales significativas deben computarse por separado y agregarse al valor global. Normalmente, el flujo de aguas residuales domésticas se calcula en función del consumo de agua en la localidad respectiva. El consumo de agua generalmente se calcula en función de la población de diseño y de un valor atribuido al consumo diario promedio de agua per cápita. Es importante observar que para el diseño y la operación de las obras de tratamiento de aguas residuales no es suficiente considerar solo el flujo promedio. También es necesario cuantificar los flujos mínimos y máximos, debido a razones hidráulicas y de proceso (Von Sperling, 2015).

Las aguas residuales domésticas son aguas resultado de las actividades que diariamente realizan las personas, ya sea en su hogar o en algún negocio, los cuales presentan desechos diversos (Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental, 2014). Estas aguas contienen aproximadamente 99,9 % de agua. La otra parte está conformada por materia orgánica e inorgánica suspendidos, sólidos disueltos y microorganismos. Es debido a este 0,1 % que se produce contaminación en las aguas y el agua residual debe ser tratada. En el diseño de las PTAR, normalmente no hay interés en la determinación de los diversos compuestos que forman las aguas residuales. Esto se debe, no sólo a la

dificultad de la realización de las diversas pruebas de laboratorio, sino también al hecho de que los propios resultados no se pueden utilizar directamente como elementos de diseño y funcionamiento. Por ende, se prefiere usar parámetros indirectos los cuales representan el potencial o carácter contaminante de las aguas en mención. Los parámetros indican la calidad con la que se encuentran las aguas residuales, estas se dividen en 03 categorías, físico, químico y biológico (Parra Piérart y Chiang Rojas, 2013).

Las características físicas de las aguas residuales fue estudiado por Qasim (1985), cuya clasificación se presenta en la **tabla 1**.

Tabla 1: Características físicas de las aguas residuales domésticas

Parámetro	Descripción
Temperatura	Más alta que la temperatura del agua potable. Varía de acuerdo a las estaciones. Afecta la actividad de los microorganismos, solubilidad y viscosidad.
Color	alcantarillado fresco: ligero gris alcantarillado séptico: gris oscuro o negro.
Olor	alcantarillado fresco: olor a petróleo, relativamente desagradable alcantarillado séptico: mal olor (desagradable).
Turbiedad	Causada debido a gran variedad de sólidos suspendidos. Más fresco o más concentrada de aguas residuales: generalmente mayor turbidez.

Fuente: (Qasim, 1985)

Las características químicas de las aguas residuales fue estudiado por Arceivala (1981), cuya clasificación se presenta en la **tabla 2**.

Tabla 2: Características químicas de las aguas residuales domésticas

Parámetros	Descripción
Sólidos Totales	Comprenden los orgánicos e inorgánicos, disueltos, suspendidos y sedimentables.
Materia Orgánica	Compuestos orgánicos diversos mezclados. Los componentes pueden ser lípidos, carbohidratos, proteínas.
Nitrógeno Total	Nutriente primordial para crecimiento de microorganismos. Al tratar biológicamente las A.R.
Fósforo Total	Nutriente primordial para tratar biológicamente las aguas residuales.
pH	Indicador de condición de alcalinidad o acidez de las aguas. El neutro es representado por el valor 7.
Alcalinidad	Indica resistencia a variaciones de pH. Lo causan los iones de carbonatos, hidroxilos, bicarbonatos.
Cloruros	Procedentes de agua potable y humano y desechos industriales.
Aceites y grasas	Fracción de materia orgánica soluble en hexano

Fuente: (Arceivala, 1981)

Las características microbiológicas de las aguas residuales fue estudiado por Tchobanoglous, Burton y Stensel (2002), cuya clasificación se presenta en la **tabla 3**.

Tabla 3: Organismos presentes en las aguas residuales domésticas

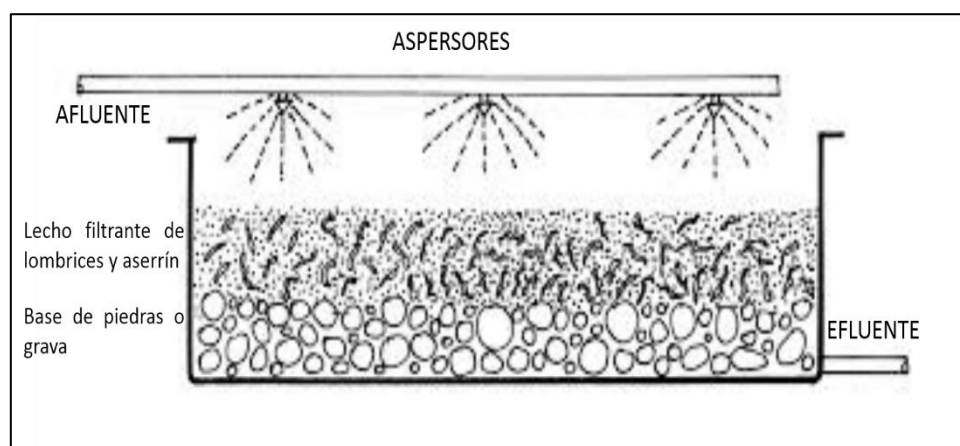
Organismos	Descripción
Bacterias	Organismos principales encargado de la estabilización de la materia orgánica.
Algas	Autotrófico organismos fotosintéticos, que contiene clorofila.
Hongos	Predominio, no fotosintéticos, organismos aeróbicos multicelulares, heterótrofas.
Protozoos	Esencial en el tratamiento biológico para mantener un equilibrio entre los diversos Grupos.
Virus	Patógenos difíciles de eliminar al tratar las aguas residuales.
Helmintos	Los huevos de helmintos pueden causar enfermedades.

Fuente: (Tchobanoglous, Burton y Stensel, 2002)

El grupo de coliformes totales (CT) constituyen un gran grupo de bacterias que han sido aisladas en muestras de agua y en los suelos contaminados y no contaminados y plantas, así como a partir de las heces de seres humanos y otros animales de sangre caliente. Este grupo se usó en gran medida en el pasado como un indicador, y se sigue utilizando en algunas áreas, aunque las dificultades asociadas con la aparición de bacterias no fecales son un problema (Thomann y Mueller, 1987).

La *Escherichia coli* (EC) es la principal bacteria del grupo de coliformes fecales (termotolerantes), estando presentes en abundancia en heces de personas humanas y animales. Se presentan en aguas residuales, aguas naturales, efluentes que fueron tratados y suelos recientemente contaminados, ya sea de los seres humanos, la agricultura, animales salvajes y aves (Arias I. y Brix, 2017).

El sistema de lombrifiltro es un proceso biooxidativo en el que las lombrices de tierra detritívoras interactúan intensamente con los microorganismos y otros animales del suelo dentro de la comunidad de descomposición. Afecta fuertemente los procesos de filtración, acelerando la estabilización de los sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales y modificando completamente sus propiedades físicas y bioquímicas mediante la adición de enzimas, la aireación de sustratos, el proceso de mezcla y molienda, como se observa en la **figura 1** (Li, Xing, Yang, y Lu, 2013).



Fuente: (Li, Xing, Yang, y Lu, 2013)

Figura 1: Modelo de lombrifiltro

Las ventajas ambientales y económicas del lombrifiltro son: un uso exitoso del lombrifiltro en países en desarrollo puede radicar en el hecho de que este sistema podría cumplir muchos requisitos además de la alta eficiencia de tratamiento, como el bajo costo, la facilidad de mantenimiento y la baja producción de lodos. Por lo tanto, es necesario prestar atención al análisis económico ambiental. Una serie de estudios previos indicaron que los lombrifiltros tenían una ventaja aparente en los costos en comparación con las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales (PTAR), ya que las lombrices de tierra podían manejar aguas residuales sin suplemento de energía externa (Sinha, Agarwal, Chauhan, Chandran, y Soni, 2010). Así mismo, la menor necesidad de tierra para los lombrifiltros puede ser la ventaja de su aplicación más amplia en comparación con algunas EDAR convencionales (como los humedales y lagunas construidas), especialmente en algunas regiones donde los recursos de la tierra son escasos y la densidad de población es alta (Nie et al., 2015).

El primer intento de la posibilidad de la aplicación de lombrifiltros para el control de la contaminación fue realizado por el profesor José Toha en Chile en 1992. Desde entonces, los experimentos en lombrifiltros se llevaron a cabo cada vez más y se aplicaron para tratamientos de aguas residuales sucesivamente. En la etapa inicial, los lombrifiltros se aplicaron principalmente al tratamiento tradicional de aguas residuales domésticas. Es así que en el uso de lombrifiltros a escala piloto para tratar las aguas residuales domésticas en un país extranjero como Australia, los resultados indicaron que los lombrifiltros podrían eliminar los SST, el TDS, la DBO y la DQO con mayor eficacia que otro biofiltro sin gusanos (Sinha et al., 2008).

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas a escala piloto, se informa de acuerdo a investigaciones una eficacia de eliminación de lombrifiltros para DQO, DBO₅, SST, TN y NH-N de hasta 47,3 % –64,7 %, 54,78 %–66,36 %, 57,18 %–77,90 %, 7,63 %–14,90 %, y 21,01 %–62,31 %, respectivamente. Además, se encontró que la dinámica de la población de lombrices y las actividades enzimáticas son dos buenos indicadores para las tasas de eliminación de DQO y DBO₅ a través del análisis de correlación (Meiyan, Xiaowei, y Jian, 2016). Así mismo, la evaluación de lombrifiltros a escala de laboratorio que fue estudiada por Wang, Zheng, Luo, y Zhang (2011b), quienes ponen una atención especial para analizar los mecanismos de transformación de nitrógeno. Los resultados mostraron que los lombrifiltros podrían disminuir significativamente el nivel de DQO y NH-N en el fluido. Después de cuatro meses de estudio, los resultados revelaron que los MEE podrían eliminar de manera eficiente la DBO₅, la DQO, los coliformes totales y fecales, los estreptococos fecales y otros patógenos. Además, se informó que la eliminación de patógenos podría atribuirse a la actividad antibacteriana de los microorganismos aislados.

La eliminación de microorganismos o reducción de patógenos (Coliformes totales y fecales, salmonella y *Esch. coli*) en los procesos de lombricultura se debe principalmente a la acción de las enzimas intestinales secretadas en la pared corporal de la lombriz de tierra. La molleja y el intestino de la lombriz de tierra funcionan como un 'Bio-reactor'. Ingieren los alimentos, eliminan los microorganismos dañinos y los depositan mezclados con minerales y microbios beneficiosos como "vermicasts" o "vermicompost" en la capa superior (Liu et al.,

2012). Las lombrices de tierra liberan fluidos coelómicos de su cavidad corporal (coelom) que tienen propiedades antibacterianas y destruyen todos los patógenos presentes en las aguas residuales (Arora, Rajpal, y Kazmi, 2016).

La lombriz de tierra roja (*Eisenia foetida*) es un anélido invertebrado formado por un largo cuerpo en forma de cilindro, cuyos extremos son más delgados, tiene entre 94 a 96 anillos y cada uno de ellos cumple una determinada función. Su movimiento se debe a la retracción tanto muscular como de sus anillos. Las características de este anélido son que presentan sensibilidad a la luz, no tienen ojos, su respiración es cutánea, presentan cinco corazones y seis riñones, además de 182 sistemas de excreción. Si se exponen a los rayos UV mueren en un corto tiempo, es por ello que tienen unas especializadas células que detectan la luz (Ortiz Gamino y Ortiz Ceballos, 2018). Estas lombrices de tierra desempeñan un papel importante en el sistema de lombrifiltros por el consumo, la digestión y la asimilación de altas tasas de sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales. También tienen la capacidad de tolerar una amplia gama de tensiones ambientales y poseen una alta tasa de reproducción (Sinha, Bharambe, y Chaudhari, 2008). Además, pueden ejercer una influencia sobre los microorganismos del suelo, directa o indirectamente, a través de la trituración, la excavación, el vaciado, el pastoreo y la actividad de dispersión (Arora et al., 2014). Estas lombrices devoran los patógenos que se encuentran en las aguas residuales y promueven el desarrollo de algunas bacterias y hongos, que son capaces de producir antibióticos que matan a los patógenos (Sinha, Chandran, Soni, Patel, y Ghosh, 2012). Los estudios indican que las lombrices de tierra pueden bio-acumular, biodegradarse o bio-transformar cualquier producto químico tóxico, incluyendo metales pesados, compuestos insolubles, compuestos orgánicos, pesticidas, herbicidas y los micro-contaminantes orgánicos lipofílicos. Debido a la presencia de grupos hidrofílicos en los contenidos de lignina y humus, el gusano fundido también proporciona sitios favorables para la adsorción de metales pesados y contaminantes químicos en las aguas residuales (Jiang et al., 2016b).

En lo que respecta a la adaptabilidad de las lombrices de tierra roja, se sabe que esa especie específica no necesita de condiciones específicas para su desarrollo, ya que se adapta al sistema de cultivo y además resulta ser muy

eficiente respecto a las otras especies. Su alimento está basado generalmente en materia orgánica y desechos, siendo considerados grandes devoradores de estos materiales (INIA, 2013). Las condiciones de temperatura a la que mejor se habita está en un rango de entre 15°C a 24°C (20°C la más óptima ya que es semejante a su temperatura corporal), las condiciones de pH están en un rango de 6,5 a 7,5, el sistema debe tener poca luz, oxígeno libre y buena humedad. Este factor último es de gran relevancia dado que afecta la reproducción, humedades más del 85 % produce un estado latente, dañando la reproducción de las lombrices y la obtención del humus (Mejía, 2011).

Las heces de las lombrices son lo que forman el llamado humus, que conforman el 60 % aproximadamente del alimento ingerido por las lombrices. Sus excreciones presentan grandes concentraciones de flora bacteriana (en un 100 %-10¹² colonias/g) por lo que se usan como un abono orgánico, ya que existen más de dos billones de conjuntos bacterianos vivos y activos por cada gramo obtenido del humus (Mejía, 2011).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, diseño y nivel de la investigación

El tipo de investigación fue aplicado, debido a que se aplicaron los conocimientos recolectados en los antecedentes y bibliografía de forma empírica, dadas las condiciones del sistema, se manejaron variables independientes que son: la altura del material filtrante (lombriz/aserrín) y el tiempo de retención hidráulica en relación a la variable dependiente que es la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* (Walliman, 2010).

Se utilizó un diseño experimental del tipo factorial 2^2 para estudiar como una variación de pH o de tiempo de retención hidráulica (TRH) afectan a la reducción de bacterias indicadoras de contaminación fecal (Coliformes totales y *Escherichia coli*). Los factores escogidos (pH y de tiempo de retención hidráulica) y su dominio experimental se muestran en la **Tabla 4** (Quezada, 2010).

Factores	Dominio Experimental	
	Nivel (-1)	Nivel (+1)
A: pH	7,0	7,5
B:TRH (horas)	12	24

En la Tabla 4 se muestra el dominio experimental de dos factores que se denotan con los valores -1 (valor mínimo) y $+1$ (valor máximo), además se expresa los valores que tomará cada variable independiente (agrupado como factor).

La matriz correspondiente al diseño factorial 2×2 para las dos variables dependientes (Concentraciones de *Escherichia coli* y Concentraciones de Coliformes totales) se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Matriz de diseño experimental

REPLICAS	Concentración final de coliformes totales				Concentración final de E. coli			
	pH 1=7		pH 2=7.5		pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h
I	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Z ₁	Y ₁	Y ₁	Y ₁	Y ₁
II	Z ₂	Z ₂	Z ₂	Z ₂	Y ₂	Y ₂	Y ₂	Y ₂
III	Z ₃	Z ₃	Z ₃	Z ₃	Y ₃	Y ₃	Y ₃	Y ₃

El diseño factorial quedo de la siguiente manera: 2²x3, la cual muestra el total de corridas experimentales a realizar para cada variable dependiente. La base dos representa a los niveles de las variables independientes, el exponente 2 se refiere a las variables independientes (pH, TRH), la multiplicación por 3 representa al total de réplicas a considerar, para mayor confiabilidad de los resultados.

Se aplicó un nivel de investigación correlacional en la investigación, dado que se busca constituir una relación de las variables manejadas en el sistema. La más relevante característica es la evaluación de variables y en función a ello mediante la constatación de hipótesis y realización de fórmulas estadísticas se alcanza la estimación correlacional (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014).

3.2. Variables y Operacionalización

Se presentaron las variables de la investigación en la matriz de operacionalización de variables, como se muestra **tabla 6**

Tabla 6. Variables de investigación

Variables de investigación	
Lombrifiltro	INDEPENDIENTE
Tratamiento de coliformes en aguas residuales	DEPENDIENTE

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población fueron las aguas residuales domésticas con presencia de coliformes.

El tamaño de muestra fue de 6 L de aguas residuales del tipo domésticas del colector “31 de octubre” del Distrito de Huancan para cada ensayo experimental, la determinación del tamaño de muestra fue con la ecuación de poblaciones finitas al 95 % de confianza.

Se tomaron las muestras de aguas residuales tipo domésticas del colector “31 de octubre” ubicado en el distrito de Huancan-Huancayo. Para ello se tomó como base el Protocolo del (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013).

La unidad muestral fue de 500 mL para el estudio de caracterización inicial microbiológica (coliformes totales y fecales - *Escherichia coli*) de las aguas residuales del tipo domésticas del colector “31 de octubre” del distrito de Huancan.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación fue la primordial técnica usada, ya que se da la interacción del investigador con la colección de las aguas residuales del colector 31 de octubre del distrito de Huancan, para ser sometidos al tratamiento usando lombrifiltro con el fin de eliminar los coliformes que se encuentren en estas aguas.

Se empleó 05 fichas para recolectar datos (instrumentos), estas están detalladas en la **Tabla 7** y también se encuentra en el anexo 3.

Tabla 7. Fichas de recolección de datos

Ficha 01	Características del lombrifiltro
Ficha 02	Características de las lombrices
Ficha 03	Características microbiológicas iniciales del agua residual (coliformes totales y fecales)
Ficha 04	Características microbiológicas del agua residual después del tratamiento y pH final

3.5. Procedimiento

A continuación, se da a conocer los procedimientos que se tuvieron presentes para desarrollar las pruebas.

A. Recolección de muestras de aguas residuales

Para llevar a cabo los ensayos de experimentación, así como la determinación de las características iniciales, se tomaron las muestras de aguas residuales tipo domésticas del colector "31 de octubre" ubicado en el distrito de Huancan-Huancayo. Para ello se tomó como base el Protocolo del (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013). Las coordenadas en UTM del punto exacto de muestreo fueron: 18S - Este (X): 0474956 y Norte (Y): 8661394, como se muestra en la figura 2.

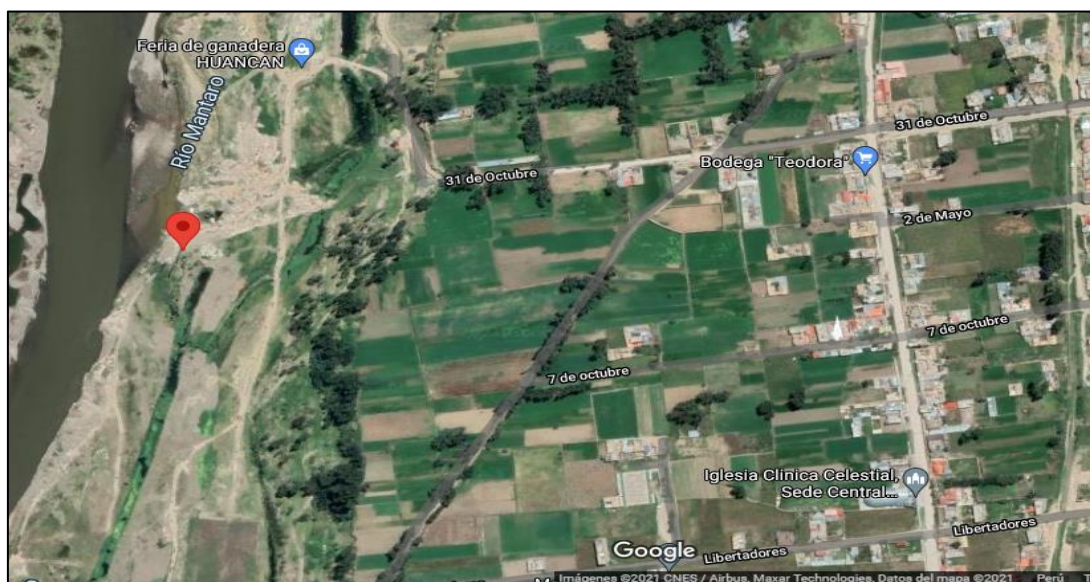


Figura 2: Ubicación del punto de muestreo de aguas residuales domésticas

Consideraciones antes de la realización del muestreo

- Se verificaron y alistaron los materiales y equipos a usar para recolectar las muestras (cadena de custodia, registros, envases, GPS, entre otros).
- Se realizó el rellenado de los rótulos de los envases, enviados por el laboratorio acreditado y se los cubrió con cinta adhesiva.
- Se alistó para la protección, zapatos de seguridad o botas de jebe, lentes de seguridad, guantes de latex con cubierta de antebrazo y mascarilla. (figura 3)



Figura 3: Preparación de envases antes de la toma de muestra

Procedimiento para la toma de muestra

- Se identificó el punto de muestreo en el efluente del colector “31 de octubre”, el punto fue accesible y se anotaron las coordenadas en UTM usando para ello un GPS. Se realizó un muestreo puntual.
- Se recolectaron muestras significativas del efluente de las aguas residuales en los envases enviados por el laboratorio certificado.
- Por último, se almacenaron los frascos en un cooler para su transporte y posterior análisis en el laboratorio certificado.
- Se recolectó adicionalmente una cantidad de 50 L de aguas residuales domésticas, para las corridas experimentales, se recolectó para cada réplica. (figura 4)

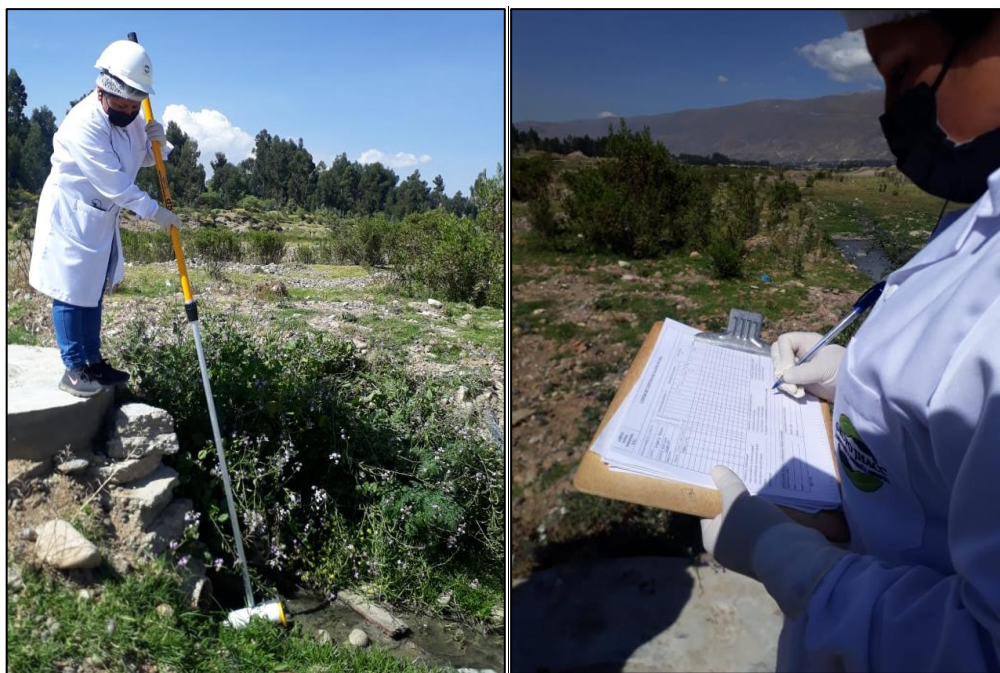


Figura 4: Recolección de muestras de aguas residuales

B. Caracterización microbiológica del efluente:

Se enviaron las muestras representativas de acuerdo al protocolo de guía al laboratorio certificado, en donde se realizó la caracterización inicial microbiológica (coliformes totales y fecales- *Escherichia coli*) de las aguas residuales del tipo domésticas del colector “31 de octubre” del distrito de Huancan.

C. Construcción del lombrifiltro

- Se construyó el lombrifiltro tomando como base la investigación de (Vicente, 2016).
- El lombrifiltro fue construido con material acrílico y tuvo forma circular, tuvo una capacidad para poder tratar 6 L de las aguas residuales.
- Las dimensiones del lombrifiltro fueron: 27 cm x 17,4 cm (altura y diámetro), además se colocó una placa del mismo material con agujeros para que soporte el material filtrante como se muestra en la figura 5 (Vicente, 2016):



Figura 5: Dimensiones del lombrifiltro

- Se adaptó para que ingrese el efluente al lombrifiltro, un sistema de tuberías mediante aspersion, para ello se usaron tuberías de $\frac{1}{2}$ pulgada, la que tuvieron perforaciones de diámetro de 5 mm, separadas cada 3 cm. En la parte derecha del lombrifiltro a 1 cm de la base se adaptó también un chorro de agua para que salga el agua tratada (Vizcaíno Mendoza y Fuentes Molina, 2016).
- El sistema de tuberías estuvo conectado a un balde de 20 L de capacidad que contuvo las aguas residuales del tipo domésticas recolectadas, en ella se conectó una válvula para manipular en caudal de ingreso al lombrifiltro como se muestra en la figura 6:



Figura 6: Adaptaciones al sistema de lombrifiltro

D. Material filtrante a usar en el lombrifiltro

Se usó como materia filtrante una mezcla de aserrín y lombrices en la parte superior del lombrifiltro y en la parte inferior se usó una mezcla de grava y piedras de río (Vicente, 2016). (figura 7)



Figura 7: Distribución de material filtrante, aserrín y lombrices

Recolección del material filtrante

Se colectó 3 Kg de aserrín, 1 Kg de grava fina, 1 Kg de piedras de río pequeñas, tal como se muestra en la figura 8



Figura 8: Aserrín, grava fina y piedras de río recolectadas

Además, se adquirió 1 Kg de lombrices rojas californianas jóvenes en etapa reproductiva del criadero Gonzales-Huancayo. (figura 9)



Figura 9: Lombrices rojas californianas jóvenes

Etapa de lavado

Se procedió a lavar la grava recolectada y las piedras de río antes de ponerlas en el sistema con agua destilada. (figura 10)



Figura 10: Lavado de piedra y grava recolectada

E. Desarrollo de ensayos o pruebas experimental

Parámetros de ensayo

Los parámetros de ensayo fueron: el pH y el tiempo de retención hidráulica (horas).

Realización de los ensayos experimentales

- Se adaptó el lombrifiltro de tal manera que el balde de 20 L de capacidad que contuvo las aguas residuales, se encuentre en la parte superior del lombrifiltro. (figura 11)



Figura 11: Adaptación del balde de 20 L con aguas residuales

- Se varió el pH de la muestra de agua residual a los valores de 7 y 7.5 usando para ello NaOH (0.1M) y H₃PO₄ al 70 %. El valor del pH inicial de las muestras de agua residual recolectadas fue de 6.9.
- A continuación, se colocó el material filtrante en el sistema, se distribuyó primeramente una capa de 5 cm de grava fina junto a las piedras de río trituradas y luego se colocó la lámina de acrílico que sirvió de soporte para la siguiente capa.
- Ya colocada la lámina de acrílico, se distribuyó sobre el soporte una mezcla de aserrín y las lombrices rojas californianas, la altura en la que se dispuso fue de 10 cm adaptadas de (Wang et al., 2011) y (Ramón, León y Castillo, 2018) de acuerdo al diseño experimental. (figura 12)



Figura 12: Agregado de lombrices para inicio del proceso

- Se abrió la válvula del balde que contendrá las aguas residuales recolectadas y se dejó caer sobre el sistema. Se trabajó con un volumen de 6 L para cada corrida experimental y dos tiempos de retención hidráulica que fueron de 12 horas y 24 horas de acuerdo al diseño experimental, basados en (Ramón, León y Castillo, 2018) y (Vizcaíno Mendoza y Fuentes Molina, 2016). Los caudales de trabajo se hallaron en base al tiempo de retención hidráulica con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{TRH} \quad (1)$$

Dónde:

Q = caudal (ml/min)

V = volumen del lombrifiltro contenido con de agua residual (mL)

TRH= tiempo de retención hidráulica (min)

Finalmente, se tomarán muestras representativas de cada corrida experimental para su respectivo análisis. (figura 13)



Figura 13: Pruebas experimentales con el lombrifiltro

3.6. Método de análisis de datos

El trabajo se planteó bajo el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2^2 , cuyas variables fueron el pH y TRH, para realizar las pruebas de normalidad, t de student y el análisis de varianza se usó el software estadístico Minitab v 19,0. Para construir las figuras y tablas se usó el programa Excel.

3.7. Aspectos éticos

El proyecto de investigación respetó la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajusta a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV: la cual se verificará mediante el turnitin la evidencia de no copia del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Características de las lombrices y del lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales

Tabla 8. Características de las lombrices y lombrifiltro

Características de las lombrices			Características del lombrifiltro		
Tipo	Cantidad de lombrices por Kg	Edad	Dimensiones	Volumen	Caudal
Roja californiana	170 a 180	Joven o reproductiva	27 cm x 17,4 cm (altura y diámetro)	6420,25 cm ³	8,33 mL/min y 4,16 mL/min

De acuerdo a la tabla 8, las características de las lombrices fueron proporcionadas por el criadero Gonzales-Huancayo, el tipo de lombrices adquiridas fueron las rojas californianas, la cantidad establecida fue establecida en 1 Kg de lombrices para cada prueba experimental y las lombrices que se adquirieron se encontraban en una etapa joven o etapa reproductiva. Las características del lombrifiltro se establecieron en función de la capacidad o volumen de aguas residuales tratadas, que se estableció en 6 L, las dimensiones del lombrifiltro en forma cilíndrica fueron: 27 cm x 17,4 cm (altura y diámetro), el volumen fue: 6420,25 cm³ y finalmente el flujo o caudal se determinó en base a los tiempos de retención hidráulica establecidos y de acuerdo a la fórmula especificada en la metodología, los caudales hallados para el TRH de 12 horas y 24 horas fueron de 8,33 mL/min y 4,16 mL/min.

4.2. Cuantificación inicial de colonias de Coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas residuales

Para dar inicio al desarrollo de las pruebas de experimentación, se realizó el muestreo de las aguas residuales tipo domésticas del colector “31 de octubre” ubicado en el distrito de Huancan-Huancayo, para ello se siguieron los pasos establecidos por el protocolo de monitoreo de aguas residuales del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, cuyos detalles se mencionaron en el capítulo III.

Las muestras de agua residuales domésticas recolectadas se llevaron al Laboratorio de Investigación de Aguas de la Universidad Nacional del Centro del

Perú para su caracterización microbiológica inicial, cuyo reporte se observa en el Anexo 6-I, donde mediante el método de ensayo- microbiológico: Método Colilert/IDEXX Quanti-Tray/2000 Tabla, número más probable (NMP/para Coliformes totales, termotoletantes y *E.coli*) se determinó los valores de las concentraciones iniciales de coliformes totales y *E. coli*, que se muestra en la **Tabla 9**, el resultado recibido por este laboratorio sirvió para contrastar los resultados recibidos por el laboratorio Análisis Ambientales, en donde se envió la muestra de agua residual tomada en el mismo punto de muestreo indicado en la metodología y a las mismas condiciones, cuyos resultados de concentración inicial de coliformes totales como de *E. Coli* se presentan en la tabla 9 y en el Anexo 6-I.

Tabla 9. Resultados de la concentración inicial de coliformes totales y *E. coli*.

Laboratorio de Investigación de Aguas – UNCP		Laboratorio Análisis Ambientales-Grupo JHACC	
Coliformes totales (NMP/100mL)	<i>E. Coli</i> (NMP/10 0mL)	Coliformes totales (NMP/100mL)	<i>E. Coli</i> (NMP/10 0mL)
15531000	7270000	15500000	7270000

Se llevaron a cabo las pruebas experimentales para la reducción de la concentración tanto de coliformes totales como de los coliformes fecales, los cuales fueron representados por la *E. coli*, para ello se aplicó el método de lombrifiltro con lombrices rojas californianas, las variables estudiadas en este proceso fueron el pH y el tiempo de retención hidráulica (TRH), después de aplica el tratamiento, las muestras fueron enviadas al laboratorio Análisis Ambientales donde se determinó la concentración final de coliformes totales y *E. coli* de las aguas residuales tratadas, dichos resultados se presentan en la **tabla 10, tabla 11** y en el Anexo 6-III, para validar los resultados obtenidos, se enviaron dos muestras tanto de coliformes totales como de *E. coli* (replica I, a pH=7,5 y TRH=24) al Laboratorio de Investigación de Aguas de la Universidad Nacional del Centro del Perú, este reporte se encuentra en el Anexo 6-IV.

Tabla 10. Resultados de la concentración final de coliformes totales

REPLICAS	CONCENTRACIÓN FINAL DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)			
	pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h
I	8490000	51200	35600	33
II	8510000	51000	35700	30
III	8480000	51000	35680	31
PROMEDIOS	8493333,333	51066,667	35660,000	31,333

Tabla 11. Resultados de la concentración final de *E. coli*.

REPLICAS	CONCENTRACIÓN FINAL DE <i>E. COLI</i> (NMP/100mL)			
	pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h
I	1260000	9990	7200	11
II	1250000	9810	7120	13
III	1280000	9850	7220	10
PROMEDIOS	1263333,33	9883,33	7180,00	11,33

La tabla 10 y tabla 11, se organizaron de acuerdo al diseño experimental planteado en la investigación y reordenaron para un mejor análisis de resultados, se observa las concentraciones finales de coliformes totales y *E. coli* después de aplicar el tratamiento de lombrifiltro, variando el pH y TRH.

Se aplicó la ecuación 1 para determinar el porcentaje de reducción tanto de coliformes totales como de *E. coli*, con la finalidad de tener un análisis más concreto sobre los resultados, estos se muestran en la **tabla 12** y **tabla 13**.

$$\text{Reducción de coliformes (\%)} = \frac{\text{Concent. inicial coliformes} - \text{Concent. final coliformes}}{\text{Concent. inicial coliformes}} \times 100 \quad (1)$$

Tabla 12. Resultados del porcentaje de reducción de coliformes totales

REPLICAS	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE COLIFORMES TOTALES (%)			
	pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h
I	45,226	99,670	99,770	99,999787
II	45,097	99,671	99,770	99,999806
III	45,290	99,671	99,770	99,999800
PROMEDIO	45,204	99,671	99,770	99,999798

Tabla 13. Resultados del porcentaje de reducción de *E. coli*

REPLICAS	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE E. COLI (%)			
	pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h
I	82,669	99,863	99,901	99,999849
II	82,806	99,865	99,902	99,999821
III	82,393	99,865	99,901	99,999862
PROMEDIO	82,623	99,864	99,901	99,999844

Se midió el pH final de las muestras de aguas residuales después de haberse realizado el tratamiento de lombrifiltros, cuyos resultados se observan en la **tabla 14**.

Tabla 14. pH finales de las muestras después del tratamiento

REPLICAS	pH FINALES PARA MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL TRATADA POR LOMBRIFILTROS			
	pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h
I	8,12	8,6	8,25	8,9
II	8,1	8,58	8,22	8,88
III	8,08	8,61	8,27	8,91

4.3. Efecto del pH en la reducción de la concentración de coliformes totales y *E. coli*

Para analizar el efecto del pH en la reducción de la concentración de coliformes totales y *E. coli*, se tomaron los datos promedios de la tabla 10 y tabla 11 para construir la gráfica de barras que se muestra en la **figura 14** y **figura 15**.

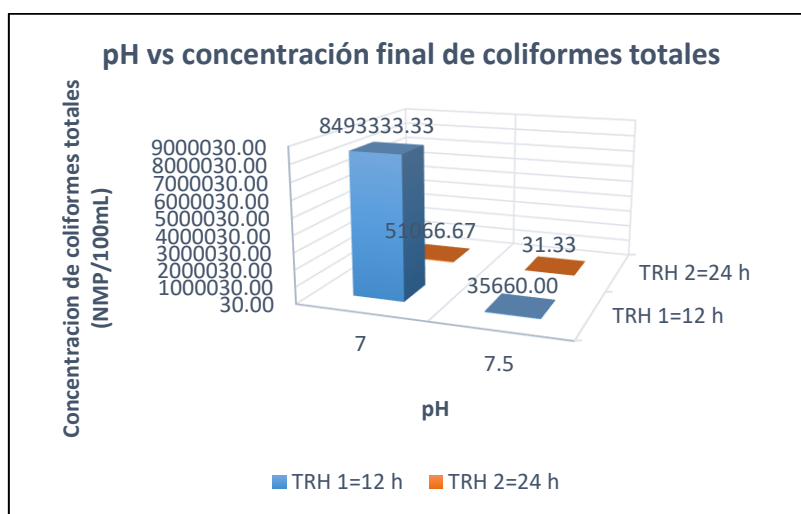


Figura 14: Concentración final de coliformes totales en función del pH

En la figura 14 se puede observar que, para un pH de 7, se tuvo una mayor concentración final de coliformes totales de 51066,67 NMP/100 mL con un TRH de 24 horas, mientras que con el pH de 7.5 se tuvieron mejores resultados, dado que se tuvo una menor concentración final de coliformes totales para el mismo TRH de 24 horas, cuyo valor fue de 31,33 NMP/100 mL.

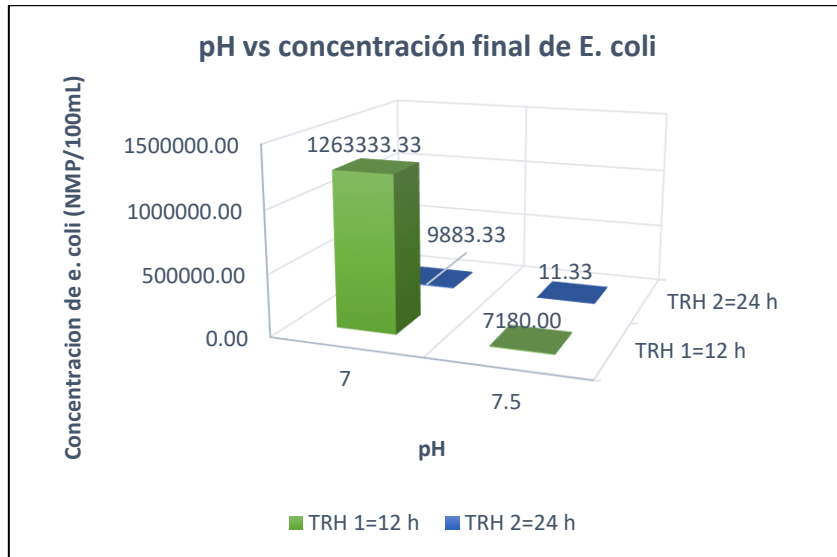


Figura 15: Concentración final de *E. coli* en función del pH

En la figura 15 se puede observar que, para un pH de 7, se tuvo una mayor concentración final de *E. coli* de 9883,33 NMP/100 mL con un TRH de 24 horas, mientras que con el pH de 7.5 se tuvieron mejores resultados, dado que se tuvo una menor concentración final de *E. coli* para el mismo TRH de 24 horas, cuyo valor fue de 11,33 NMP/100 mL.

Se tomaron los valores promedio del porcentaje de reducción de coliformes totales y *E. coli* de la tabla 12 y tabla 13 para construir las gráficas de barra que se muestran en la **figura 16** y **figura 17**.

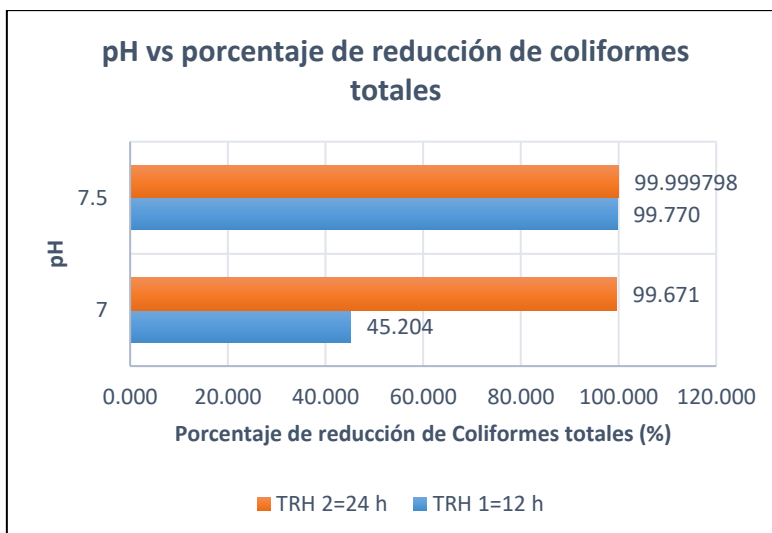


Figura 16: Porcentaje de reducción de coliformes totales en función del pH

En la figura 16 se puede observar respecto al pH que los mejores porcentajes de reducción de coliformes totales se obtuvieron a un pH de 7.5, es así que se presentan valores de 99,99 % para un TRH de 24 horas, mientras que para el mismo tiempo y a un pH de 7, se tuvo un porcentaje de reducción de coliformes totales menor que fue de 99,67 %.

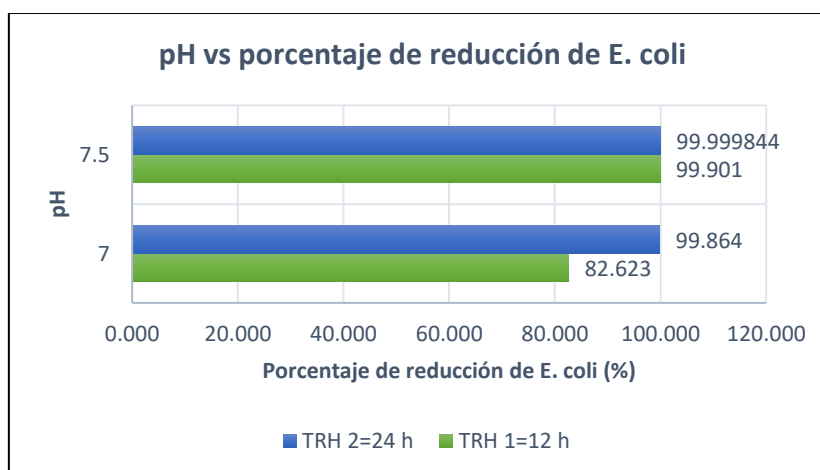


Figura 17: Porcentaje de reducción de *E. coli* en función del pH

En la figura 17 se puede observar respecto al pH que los mejores porcentajes de reducción de *E. coli* se obtuvieron a un pH de 7.5, es así que se presentan valores de 99,99 % para un TRH de 24 horas, mientras que para el mismo tiempo y a un pH de 7, se tuvo un porcentaje de reducción de *E. coli* menor que fue de 99,86 %.

4.4. Efecto del tiempo de retención hidráulica en la reducción de la concentración de coliformes totales y *E. coli*

Para analizar el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) en la reducción de la concentración de coliformes totales y *E. coli*, se tomaron los datos promedios de la tabla 10 y tabla 11 para construir la gráfica de dispersión que se muestra en la **figura 18** y **figura 19**.

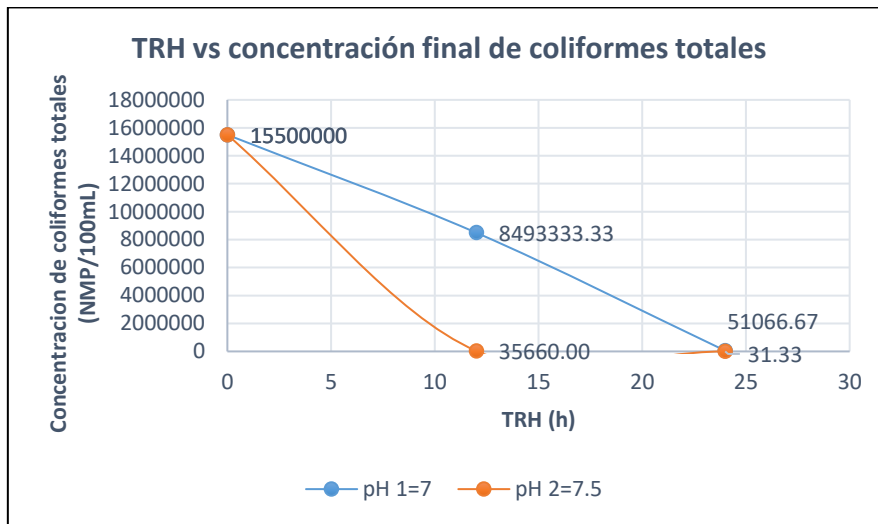


Figura 18: Concentración final de coliformes totales en función del TRH

En la figura 18 se puede observar que, para un TRH de 24 horas, se tuvo las menores concentraciones finales de coliformes totales, siendo los valores de 31,33 NMP/100 mL para el pH de 7.5 y 51066,67 NMP/100 mL para un pH de 7.5, mientras que para un TRH de 12 horas no se logró mucha reducción de coliformes totales, obteniendo los mayores valores de concentración final que fueron de 35660 NMP/100 mL para un pH de 7.5 y 8493333,33 NMP/100 mL para un pH de 7.

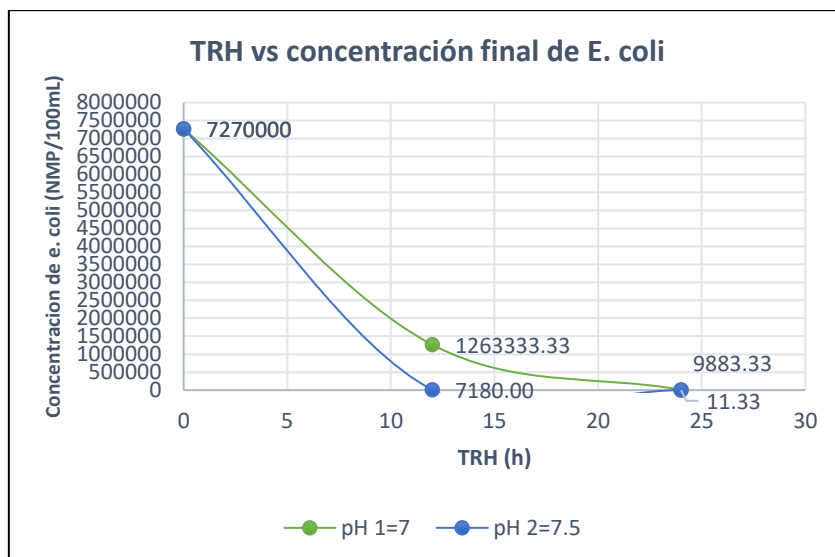


Figura 19: Concentración final de *E. coli* en función del TRH

En la figura 19 se puede observar que, para un TRH de 24 horas, se tuvo las menores concentraciones finales de *E. coli*, siendo los valores de 11,33 NMP/100 mL para el pH de 7.5 y 9883,33 NMP/100 mL para un pH de 7.5, mientras que para un TRH de 12 horas no se logró mucha reducción de *E. coli*, obteniendo los mayores valores de concentración final que fueron de 7180 NMP/100 mL para un pH de 7.5 y 1263333,33 NMP/100 mL para un pH de 7.

Se tomaron los valores promedio del porcentaje de reducción de coliformes totales y *E. coli* de la tabla 12 y tabla 13 para construir las gráficas de barra que se muestran en la **figura 20** y **figura 21**.

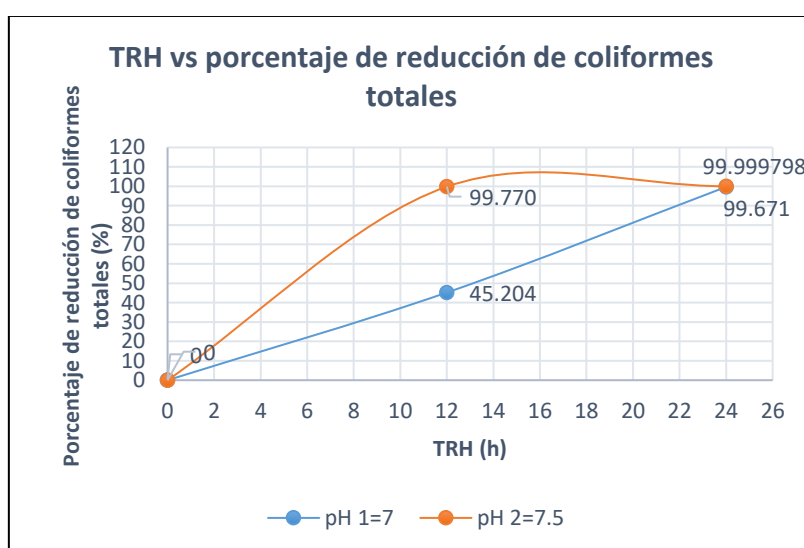


Figura 20: Porcentaje de reducción de coliformes totales en función del TRH

En la figura 20 se puede observar respecto al TRH que los mejores porcentajes de reducción de coliformes totales se obtuvieron a un TRH de 24 horas, es así que se presentan valores de 99,99 % para un pH de 7.5, mientras que para el mismo pH y a un TRH de 12 horas, se tuvo un porcentaje de reducción de coliformes totales menor que fue de 99,67 %.

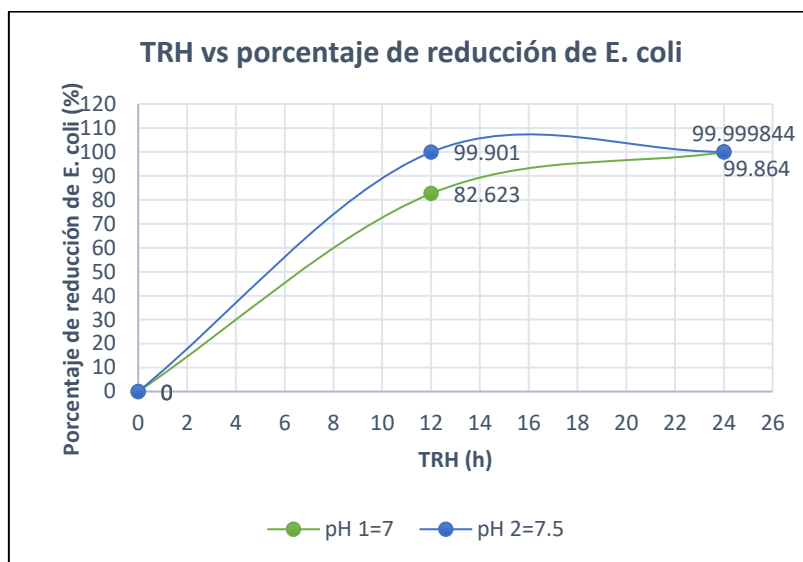


Figura 21: Porcentaje de reducción de *E. coli* en función del TRH

En la figura 21 se puede observar respecto al TRH que los mejores porcentajes de reducción de *E. coli* se obtuvieron a un TRH de 24 horas, es así que se presentan valores de 99,99 % para un pH de 7.5, mientras que para el mismo pH y a un TRH de 12 horas, se tuvo un porcentaje de reducción de *E. coli* menor que fue de 99,86 %.

4.5. Análisis inferencial y descriptivo

Para realizar el análisis inferencial y descriptivo de la investigación, se usó el programa Minitab v 19.0.

Prueba de normalidad para los datos del porcentaje de reducción de coliformes totales y *E. coli*

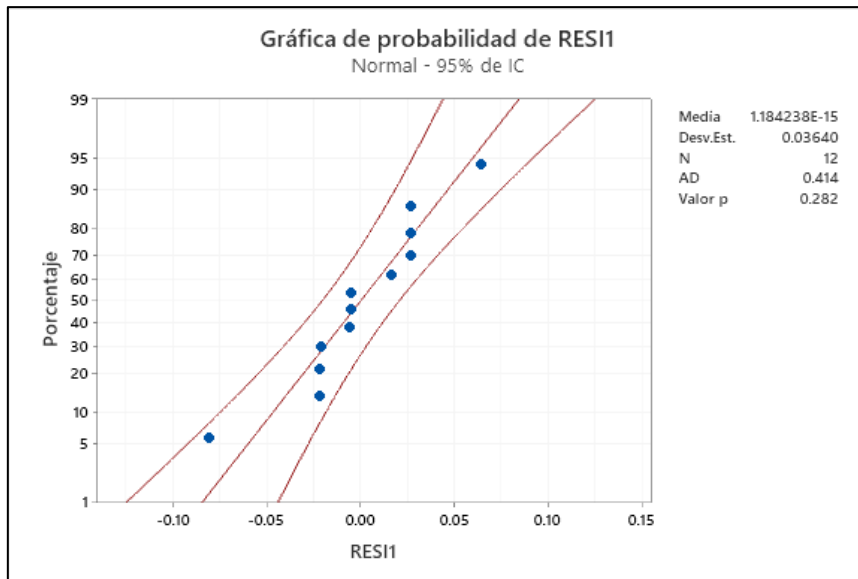


Figura 22: Grafica de normalidad para el % de reducción de coliformes totales

En la figura 22, se presenta la gráfica de normalidad hallada con los datos de los residuos, estos residuos representan la diferencia entre los datos de los porcentajes de reducción de coliformes totales experimentales y los datos que son predichos por el software de acuerdo al modelo experimental, se analiza el valor de p para determinar si los datos provienen o no de una población normal, es así que, como $p=0,282$ es mayor que $p=0,05$ que es el valor de significancia, se afirma que los datos si provienen de una población normal, de acuerdo a la interpretación de la prueba de Shapiro Wilks

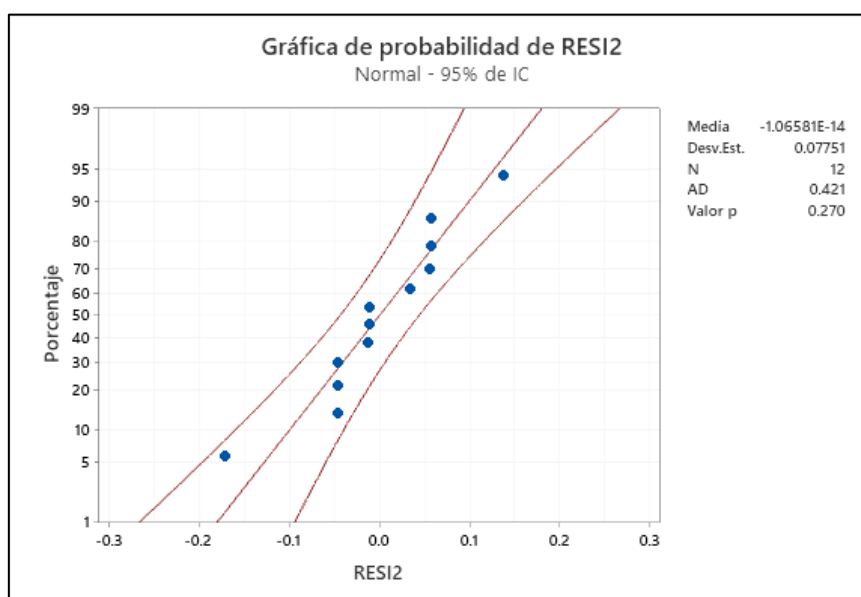


Figura 23: Grafica de normalidad para él % de reducción de *E. coli*

En la figura 23, se presenta la gráfica de normalidad hallada con los datos de los residuos, estos residuos representan la diferencia entre los datos de los porcentajes de reducción de *E. coli* experimentales y los datos que son predichos por el software de acuerdo al modelo experimental, se analiza el valor de p para determinar si los datos provienen o no de una población normal, es así que, como $p=0,270$ es mayor que $p=0,05$ que es el valor de significancia, se afirma que los datos si provienen de una población normal, de acuerdo a la interpretación de la prueba de Shapiro Wilks.

Concentración inicial de coliformes totales y *E. coli*

Se aplicó la prueba estadística de t de student en el software Minitab v 19.0 para la prueba de la segunda hipótesis específica. Para ello se tomó el valor del LMP para coliformes totales y *E. coli* del D.S 003-2010, donde se indica un LMP de 10000 NMP/100 mL para coliformes.

Ho: La concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* sobrepasan los límites máximos permisibles.

Ha: La concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* no sobrepasan los límites máximos permisibles

T de una muestra: Coliformes totales

Valor T	Valor p
26829467,01	1,000

T de una muestra: *E. coli*

Valor T	Valor p
12574688,86	1,000

Interpretación:

Analizando el valor de p para ambos casos de coliformes totales y *E. coli*, se tiene que $p=1.00$ este valor al ser mayor que el valor de significancia $p=0.05$, indica que se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, se afirma que la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* sobrepasan los límites máximos permisibles.

Efecto del pH y TRH en la reducción de la concentración de coliformes totales y *E. coli*

Se realizará un análisis de varianza para evaluar el efecto del pH y TRH en el porcentaje de reducción de coliformes totales y *E. coli*. En base a los datos de los valores de p, se realizará la interpretación para la prueba de hipótesis de la tercera y cuarta hipótesis específica.

Modelo lineal general: % reducción de coliformes totales vs pH, TRH, bloques

Tabla 15. Información del factor para coliformes totales

Factor	Niveles	Valores
pH	2	7.0; 7.5
TRH	2	12; 24

Tabla 16. Análisis de varianza para coliformes totales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	6710,03	1342,01	552595,96	0,000
Bloques	2	0,00	0,00	1,00	0,422
Lineal	2	4503,83	2251,92	927269,20	0,000
pH	1	2260,09	2260,09	930633,28	0,000
TRH	1	2243,75	2243,75	923905,12	0,000
Interacciones de 2 términos	1	2206,19	2206,19	908439,41	0,000
pH*TRH	1	2206,19	2206,19	908439,41	0,000
Error	6	0,01	0,00		
Total	11	6710,04			

De la tabla 16, analizando los bloques, cuyo valor $p=0,422$ es mayor al valor de significancia ($p=0,05$), se interpreta que las réplicas fueron iguales.

Modelo lineal general: % reducción de *E. coli* vs pH, TRH, bloques

Tabla 17. Información del factor para *E. coli*

Factor	Niveles	Valores
pH	2	7.0; 7.5
TRH	2	12; 24

Tabla 18. Análisis de varianza para *E. coli*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	6710,03	1342,01	552595,96	0,000
Bloques	2	0,00	0,00	1,00	0,422
Lineal	2	4503,83	2251,92	927269,20	0,000
Ph	1	2260,09	2260,09	930633,28	0,000
TRH	1	2243,75	2243,75	923905,12	0,000
Interacciones de 2 términos	1	2206,19	2206,19	908439,41	0,000
pH*TRH	1	2206,19	2206,19	908439,41	0,000
Error	6	0,01	0,00		
Total	11	6710,04			

De la tabla 18, analizando los bloques, cuyo valor $p=0,422$ es mayor al valor de significancia ($p=0,05$), se interpreta que las réplicas fueron iguales.

Interpretación:

Tercera hipótesis específica

Ho: El pH no presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

Ha: El pH presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

De acuerdo al análisis de varianza para coliformes totales y *E. coli*, de la tabla 16 y la tabla 18, se analiza el valor de p para el pH, en ambos casos se observa un valor $p=0,00$ este valor al ser menor al valor de significancia $p=0,05$, indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, que indica que el pH presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

Cuarta hipótesis específica

Ho: El tiempo de retención hidráulica no presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

Ha: El tiempo de retención hidráulica presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

De acuerdo al análisis de varianza para coliformes totales y *E. coli*, de la tabla 16 y la tabla 18, se analiza el valor de p para el TRH, en ambos casos se observa un valor $p=0,00$ este valor al ser menor al valor de significancia $p=0,05$, indica que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, que indica que el tiempo de retención hidráulica presenta efectos significativos en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán-Huancayo 2021.

Con la finalidad de analizar la influencia de las variables estudiadas y la interacción entre ellas, se realizó el diagrama de Pareto para coliformes totales y *E. coli* que se presentan en la **figura 24** y **figura 25**.

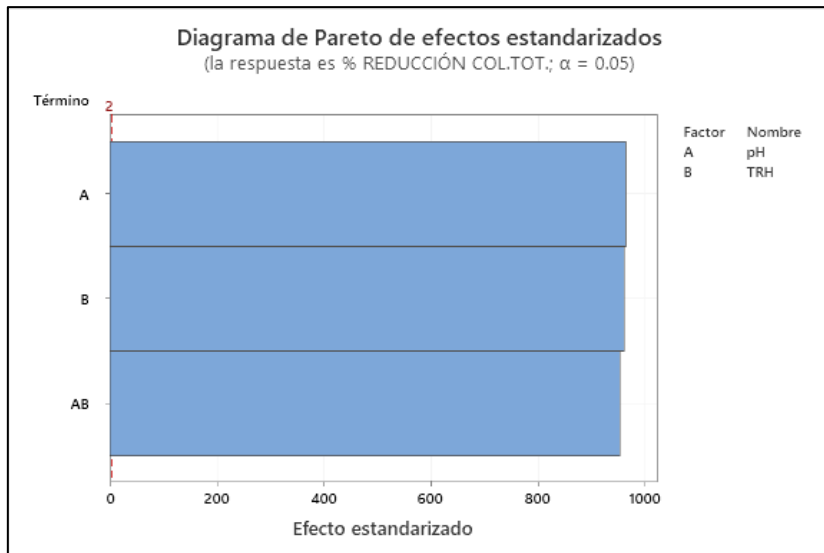


Figura 24: Diagrama de Pareto para coliformes totales

De acuerdo a la figura 24, se observa que ambas variables o factores, que son el pH y TRH, pasan la línea de referencia, notándose que el pH tuvo mayor influencia sobre el porcentaje de reducción de coliformes totales, seguido por el TRH y finalmente se observa que la interacción de ambas variables tuvo una menor pero significativa influencia sobre las respuestas.

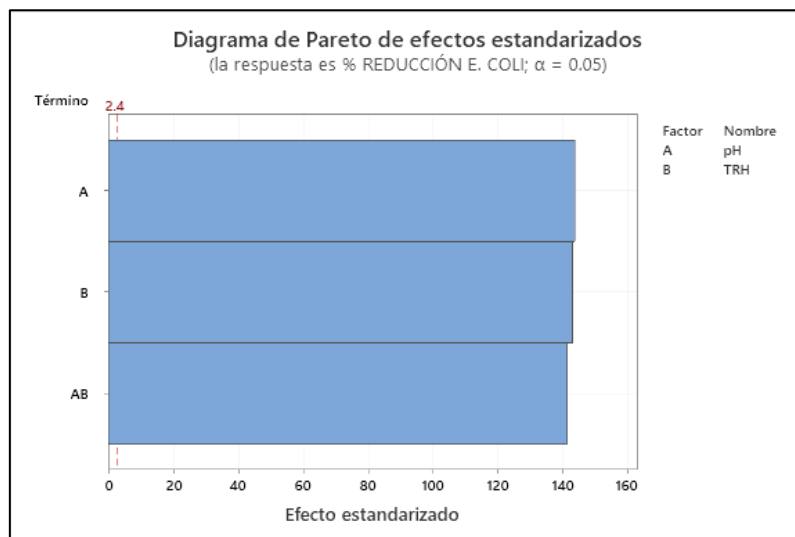


Figura 25: Diagrama de Pareto para E. coli

De acuerdo a la figura 25, se observa que ambas variables o factores, que son el pH y TRH, pasan la línea de referencia, notándose que el pH tuvo mayor influencia sobre el porcentaje de reducción de *E. coli*, seguido por el TRH y finalmente se observa que la interacción de ambas variables tuvo una menor pero significativa influencia sobre las respuestas.

V. DISCUSIÓN

En la investigación se usó específicamente para todas las pruebas experimentales la lombriz roja californiana en etapa joven o reproductiva, se eligió esta especie debido a su gran adaptabilidad a las condiciones ambientales y a su elevada tasa de reproductibilidad en la etapa joven lo que favorece el tratamiento según lo menciona Sinha, Bharambe, y Chaudhari, (2008), la temperatura de hábitat de esta especie se encuentra entre los 15 °C a 24 °C, condiciones ambientales en las que se encuentra el área de estudio y respecto al rango de pH se sabe que esta especie de lombriz sobrevive y reproduce en rango de 6,5 a 7,5 según la investigación de Mejía, (2011), estas condiciones fueron respetadas al momento de realizar las pruebas experimentales, sumándole a ello un cuidado respecto a la luz solar, se tuvo que realizar el proceso en un ambiente con poca incidencia solar.

Los principales factores que se tuvieron en cuenta para la construcción del lombrifiltro, la distribución de lombrices y el medio para el tratamiento fueron principalmente la correcta distribución del material filtrante en un orden específico (piedra, grava, aserrín y lombrices), la aireación del sistema, por ello se tuvo la parte superior descubierta y la homogenización de las aguas residuales antes del ingreso al lombrifiltro tal como se aplicó en la investigación de (Li, Xing, Yang y Lu, 2013).

Los resultados que se presentan en la tabla 9, muestran los valores iniciales de la concentración de coliformes totales y *E. coli* de dos laboratorios, los resultados de ambos laboratorios coinciden significativamente y es por tal motivo que se tuvo la fiabilidad para la presentación de resultados, los valores iniciales al contrastarse con los LMP establecidos por el D.S. 003-2010 que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, indican un valor de 10000 NMP/100 mL para coliformes fecales o termotolerantes, debido a la inexistencia de un LMP para coliformes totales se tomó como referencia dicho valor para contrastar el resultado obtenido de la concentración inicial de coliformes fecales como se indica en la investigación de (Briones Garcia, 2019), para ambos casos los valores iniciales de coliformes totales y *E. coli* reportados en la tabla 8, superan el LMP establecido en la normativa.

De acuerdo al porcentaje de reducción de coliformes totales y *E. coli* en función del pH, se observó que a un pH neutro (pH=7) se obtienen los menores porcentajes de reducción tanto para coliformes totales como para *E. coli*, mientras que con un pH superior al neutro (pH=7.5) se obtienen mejores resultados, es así que se tienen los máximos porcentajes de reducción para el pH de 7.5 de 99,9997 % para coliformes totales (se tuvo una reducción de 15500000 NMP/100 mL a 31,33 NMP/100 mL) y un 99,9998 % para *E. coli* (se tuvo una reducción de 7270000 NMP/100 mL a 11,33 NMP/100 mL), resultados similares fueron obtenidos por Arora, Rajpal y Kazmi, (2016), quienes en su estudio estabilizaron el pH a un valor de 7.5, obtuvieron eficiencias de 99,272 % (se tuvo una reducción de 668000 NMP/100 mL a 4860 NMP/100 mL) para coliformes totales y un 99,991 % para *E. coli* (se tuvo una reducción de 4730000 NMP/100 mL a 423 NMP/100 mL).

Estudios previos han demostrado que la correcta estabilización del pH en el proceso de lombrifiltros puede reducir los coliformes a niveles seguros a través de la acción de las interacciones de los microorganismos de las lombrices y la actividad antibacteriana de la microflora asociada con las lombrices de tierra (Arora et al., 2014). Además, los microbios que dejan las lombrices de tierra son beneficiosos para el lombrifiltro porque compiten con los coliformes por nutrientes limitados. Se cree que la comunidad bacteriana asociada a las lombrices de tierra libera una determinada sustancia antimicrobiana que resiste el crecimiento de coliformes o inhibe su crecimiento posterior (Sinha, Bharambe y Chaudhari, 2008). Por lo tanto, es inevitable determinar la actividad antimicrobiana de la comunidad bacteriana del lombrifiltro para dilucidar el mecanismo exacto detrás de la desinfección en el proceso de lombrifiltros. Otros factores atribuidos que afectan la eliminación de coliformes pueden incluir la adhesión bacteriana, es decir, la propiedad de los medios filtrantes para retener coliformes durante la filtración, un entorno físico-químico inadecuado para la supervivencia de patógenos y la depredación de coliformes para regenerar el lecho para una mayor adhesión (Kadam et al., 2008).

De acuerdo al porcentaje de reducción de coliformes totales y *E. coli* en función del TRH, se observó que a un TRH menor (TRH=12 h) se obtienen los menores porcentajes de reducción tanto para coliformes totales como para *E.*

coli, mientras que con un TRH superior (TRH=24 h) se obtienen mejores resultados, es así que se tienen los máximos porcentajes de reducción para el TRH de 24 horas de 99,9997 % para coliformes totales (se tuvo una reducción de 15500000 NMP/100 mL a 31,33 NMP/100 mL) y un 99,9998 % para *E. coli* (se tuvo una reducción de 7270000 NMP/100 mL a 11,33 NMP/100 mL), resultados similares fueron obtenidos por Arora et al. (2014), quienes en su estudio trabajaron con un rango de pH de 7.6 a 7.8 y un TRH de 24 horas, obtuvieron eficiencias de 99,929 % (se tuvo una reducción de 35000000 NMP/100 mL a 250000 NMP/100 mL) para coliformes totales y un 99,868 % para *E. coli* (se tuvo una reducción de 2000000 NMP/100 mL a 2624,690 NMP/100 mL).

Así mismo, Arora y Kazmi, (2016), reportaron valores superiores al 90 % y similares a los obtenidos al trabajar con un TRH de 24 horas y un pH que estuvo en un rango de 7,2 a 8, obtuvieron eficiencias de 91,706 % (se tuvo una reducción de 340000 NMP/100 mL a 28200 NMP/100 mL) para coliformes totales y un 96,084 % para *E. coli* (se tuvo una reducción de 332000 NMP/100 mL a 13000 NMP/100 mL).

VI. CONCLUSIONES

Las características de las lombrices usadas para el tratamiento fueron del tipo rojas californianas en edad joven o reproductiva y la cantidad usada para cada tratamiento fue de 1 Kg (170 a 180 lombrices), así mismo las características del lombrifiltro se describieron en base al volumen el cual fue de 6420,25 cm³, las dimensiones fueron de 27 cm de alto x 17,4 cm de diámetro y el flujo de trabajo fue de 8,33 mL/min y 4,16 mL/min para el TRH de 12 horas y 24 horas respectivamente.

Las colonias cuantificadas de Coliformes totales y *Escherichia coli* presentes en las muestras iniciales de aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán, según el laboratorio Análisis Ambientales indicaron valores de 15500000 NMP/100mL para coliformes totales y 7270000 NMP/100mL para *E. coli*.

El pH de 7.5 genera mejor actividad de las lombrices en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán, se obtuvieron porcentajes de reducción de coliformes totales de 99,770 % ($C_{\text{final}}=35660$ NMP/100mL) para un TRH de 12 horas y un 99,999% ($C_{\text{final}}=31,33$ NMP/100mL) para un TRH de 24 horas, para *E. coli* se obtuvieron porcentajes de reducción de 99,901 % ($C_{\text{final}}=7180$ NMP/100mL) para un TRH de 12 horas y un 99,999 % ($C_{\text{final}}=11,33$ NMP/100mL) para el TRH de 24 horas.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) de 24 horas logra mejores resultados en la reducción de la concentración de Coliformes totales y *Escherichia coli* utilizando un lombrifiltro en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre de Huancán, se obtuvieron porcentajes de reducción de coliformes totales de 99,671 % ($C_{\text{final}}=51066,667$ NMP/100mL) para un pH de 7 y un 99,999% ($C_{\text{final}}=31,33$ NMP/100mL) para un pH de 7.5, para *E. coli* se obtuvieron porcentajes de reducción de 99,864 % ($C_{\text{final}}=9883,33$ NMP/100mL) para un pH de 7 y un 99,999% ($C_{\text{final}}=11,33$ NMP/100mL) para un pH de 7.5.

VII. RECOMENDACIONES

- Ampliar el rango de valuación de pH, no tan cercanos al neutro, para las pruebas experimentales y analizar el efecto sobre la reducción de coliformes totales y *E. coli*.
- Analizar otros parámetros de las aguas residuales como DBO, DQO y materia orgánica, para evaluar la eficiencia del lombrifiltro respecto a estos parámetros.
- Realizar el tratamiento de lombrifiltro con otra especie de lombriz para evaluar su efectividad de adaptación a las condiciones del proceso y en la reducción de coliformes totales y *E. coli*.
- Realizar el tratamiento de lombrifiltro con la lombriz roja californiana en edad adulta, para comparar los resultados de reducción de coliformes totales y *E. coli*, respecto a los resultados obtenidos con las lombrices en edad joven o reproductiva.

REFERENCIAS

- ARCEIVALA, S..., *Wastewater treatment and disposal. Engineering and ecology in pollution control*. Nueva York: s.n., 1981.
- ARIAS I., Carlos A. y BRIX, Hans, Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 13, no. 1, pp. 17-24. 2017. ISSN 0124-8170. DOI 10.18359/rcin.1321.
- ARORA, Sudipti y KAZMI, A.A., Reactor performance and pathogen removal during wastewater treatment by vermifiltration. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, vol. 6, no. 1, pp. 65-73. 2016. ISSN 20439083. DOI 10.2166/washdev.2016.036.
- ARORA, Sudipti, RAJPAL, Ankur, BHARGAVA, Renu, PRUTHI, Vikas, BHATIA, Akansha y KAZMI, A.A., Antibacterial and enzymatic activity of microbial community during wastewater treatment by pilot scale vermifiltration system. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 166, pp. 132-141. 2014. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2014.05.041. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.041>.
- ARORA, Sudipti, RAJPAL, Ankur y KAZMI, A.A., Antimicrobial Activity of Bacterial Community for Removal of Pathogens during Vermifiltration. *Journal of Environmental Engineering*, vol. 142, no. 5, pp. 04016012. 2016. ISSN 0733-9372. DOI 10.1061/(asce)ee.1943-7870.0001080.
- ARORA, Sudipti, SARASWAT, Sakshi, MISHRA, Rinki, RAJVANSHI, Jayana, SETHI, Jasmine, VERMA, Anamika, NAG, Aditi y SAXENA, Sonika, Design, performance evaluation and investigation of the dynamic mechanisms of earthworm-microorganisms interactions for wastewater treatment through vermifiltration technology. *Bioresource Technology Reports*, vol. 12, pp. 100603. 2020. ISSN 2589014X. DOI 10.1016/j.biteb.2020.100603.
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 1993. *Identificación y diagnóstico de proyectos de riego con aguas servidas tratadas de la ciudad de huancayo*. 1993. Huancayo: s.n.
- BRIONES GARCIA, Lenin Neicer, 2019. *Eficiencia De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales, En La Remoción De Coliformes Totales, Fecales Y*

Escherichia Coli, En Celendín – Cajamarca. S.l.: s.n.

CASTILLO SÁNCHEZ, Jonathan Gustavo y CHIMBO SOLÓRZANO, Jessica Estefanía, Eficiencia en la remoción de materia orgánica mediante lombrifiltros (*Eisenia foetida*) en aguas residuales domésticas para zonas rurales. *Enfoque UTE*, vol. 12, no. 2, pp. 80-99. 2021. ISSN 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.746.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar, *Metodología de la Investigación*. Sexta. México D.F.: Mc Graw Hill, 2014. ISBN 9781456223960.

INIA, *Lombricultura “Techo a dos aguas”*. Lima: s.n., 2013.

JIANG, Luhua, LIU, Yunguo, HU, Xinjiang, ZENG, Guangming, WANG, Hui, ZHOU, Lu, TAN, Xiaofei, HUANG, Binyan, LIU, Shaobo y LIU, Simian, The use of microbial-earthworm ecofilters for wastewater treatment with special attention to influencing factors in performance: A review. *Bioresource Technology*, vol. 200, pp. 999-1007. 2016. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2015.11.011.

KADAM, A.M., OZA, G.H., NEMADE, P.D. y SHANKAR, H.S., Pathogen removal from municipal wastewater in constructed soil filter. *Ecol. Eng.*, vol. 33, pp. 37-44. 2008.

LI, Xiaowei, XING, Meiyan, YANG, Jian y LU, Yongsen, Properties of biofilm in a vermifiltration system for domestic wastewater sludge stabilization. *Chemical Engineering Journal* [en línea], vol. 223, pp. 932-943. 2013. ISSN 13858947. DOI 10.1016/j.cej.2013.01.092. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2013.01.092>.

LIU, Jing, LU, Zhibo, YANG, Jian, XING, Meiyan, YU, Fen y GUO, Meiting, Effect of earthworms on the performance and microbial communities of excess sludge treatment process in vermifilter. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 117, pp. 214-221. 2012. ISSN 09608524. DOI 10.1016/j.biortech.2012.04.096. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.04.096>.

MEIYAN, Xing, XIAOWEI, Li y JIAN, Yang, Treatment performance of small-scale

vermifilter for domestic wastewater and its relationship to earthworm growth, reproduction and enzymatic activity. *African Journal of Biotechnology*, vol. 9, no. 44, pp. 7513-7520. 2016. DOI 10.5897/ajb10.811.

MEJÍA, Pedro, Introducción Manual de Lombricultura. *Agroflor*, pp. 30. 2011.

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, *Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales* [en línea]. S.l.: s.n., 2013. Disponible en: <http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/anexo-rm-273-2013-vivienda.pdf>.

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUANCAN, 2018. *Proyecto: "ampliación, mejoramiento del sistema de agua potable, alcantarillado e instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Huancan-Huancayo-Junín "*. 2018. S.l.: s.n.

NIE, E., WANG, D., YANG, M., LUO, X., FANG, C., YANG, X., SU, D., ZHOU, L. y ZHENG, Z., Tower bio-vermifilter system for rural wastewater treatment: bench-scale, pilot-scale, and engineering applications. *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 12, no. 3, pp. 1053-1064. 2015. ISSN 17352630. DOI 10.1007/s13762-013-0479-6.

ONU, 2019. *Salud* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/06/1457891>.

ORGANISMO DE EVALUACION Y FISCALIZACION AMBIENTAL, *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. [en línea]. S.l.: s.n., 2014. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

ORTIZ GAMINO, Diana y ORTIZ CEBALLOS, Ángel I., Belleza extravagante y funcionalidad:Lombrices De Tierra. *CONABIO. Biodiversitas* [en línea], pp. 12-16. 2018. Disponible en: <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/14213.pdf>.

PARRA PIÉRART, Izaúl Silvestre y CHIANG ROJAS, Gustavo, Modelo integrado de un sistema de biodepuración en origen de aguas residuales domiciliarias. Una propuesta para comunidades periurbanas del Centro Sur de Chile.

Gestión y Ambiente [en línea], vol. 16, no. 3, pp. 39-51. 2013. ISSN 2357-5905. Disponible en:

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/37736>.

PRASAD SINGH, Rajendra, FU, Dafang, JIA, Jing y WU, Jiaguo, Performance of earthworm-enhanced horizontal sub-surface flow filter and constructed wetland. *Water (Switzerland)*, vol. 10, no. 10, pp. 1-12. 2018. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w10101309.

QASIM, Syed R., *Wastewater treatment plants*. Segunda. Nueva York: s.n., 1985. ISBN 1566766885.

QUEZADA, N., *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n., 2010.

RAMÓN, Jacipt Alexander, LEÓN, José Alejandro y CASTILLO, Nelson, Diseño de un sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales urbanas por medio de la técnica de lombrifiltros utilizando la especie *Eisenia foetida*. *Revista Mutis*, vol. 5, no. 1, pp. 46-54. 2018. DOI 10.21789/22561498.1018.

RAMOS VARGAS, Cristian Armando, Modelo de tratamiento de aguas residuales lodos activados convencional en el valle del Mantaro. *Universidad Nacional del Centro del Perú* [en línea], 2014. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/426>.

SAMAL, Kundan, DASH, Rajesh Roshan y BHUNIA, Puspendu, Effect of hydraulic loading rate and pollutants degradation kinetics in two stage hybrid macrophyte assisted vermifiltration system. *Biochemical Engineering Journal*, vol. 132, pp. 47-59. 2018. ISSN 1873295X. DOI 10.1016/j.bej.2018.01.002.

SINGH, Rajneesh, D'ALESSIO, Matteo, MENESES, Yulie, BARTELT-HUNT, Shannon L., WOODBURY, Bryan y RAY, Chittaranjan, Development and performance assessment of an integrated vermifiltration based treatment system for the treatment of feedlot runoff. *Journal of Cleaner Production*, vol. 278, pp. 123355. 2021. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.123355.

SINHA, Rajiv K., AGARWAL, Sunita, CHAUHAN, Krunal, CHANDRAN, Vinod y SONI, Brijal Kiranbhai, Vermiculture Technology: Reviving the Dreams of Sir


- Charles Darwin for Scientific Use of Earthworms in Sustainable Development Programs. *Technology and Investment*, vol. 01, no. 03, pp. 155-172. 2010. ISSN 2150-4059. DOI 10.4236/ti.2010.13019.
- SINHA, Rajiv K., BHARAMBE, Gokul y CHAUDHARI, Uday, Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: A low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. *Environmentalist*, vol. 28, no. 4, pp. 409-420. 2008. ISSN 02511088. DOI 10.1007/s10669-008-9162-8.
- SINHA, Rajiv K., CHANDRAN, Vinod, SONI, Brijal K., PATEL, Upendra y GHOSH, Ashok, Earthworms: Nature's chemical managers and detoxifying agents in the environment: An innovative study on treatment of toxic wastewaters from the petroleum industry by vermifiltration technology. *Environmentalist*, vol. 32, no. 4, pp. 445-452. 2012. ISSN 02511088. DOI 10.1007/s10669-012-9409-2.
- SUNASS, *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento* [en línea]. S.l.: s.n., 2015. Disponible en: <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>.
- TCHOBANOGLIOUS, George, BURTON, Franklin y STENSEL, David, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Cuarta. S.l.: s.n., 2002.
- THOMANN, Robert V. y MUELLER, Jhon A., *Principles of surface water quality modeling and control*. Harper & R. Nueva York: s.n., 1987.
- UNESCO, *Aguas Residuales. El Recurso desaprovechado*. S.l.: s.n., 2017. ISBN 9789233000582.
- VICENTE, Jimmy, Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE* [en línea], vol. 7, no. 3, pp. 41. 2016. DOI 10.29019/enfoqueute.v7n3.104. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/104>.
- VIZCAÍNO MENDOZA, Lissette y FUENTES MOLINA, Natalia, Efectos de *Eisenia foetida* y *eichhornia crassipes* en la remoción de materia orgánica ,

- nutrientes y coliformes en efluentes domésticos. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, pp. 189-198. 2016a.
- VIZCAÍNO MENDOZA, Lissette y FUENTES MOLINA, Natalia, EFECTOS DE *Eisenia foetida* y *Eichhornia crassipes* EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA , NUTRIENTES Y COLIFORMES EN EFLUENTES DOMÉSTICOS. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, pp. 189-198. 2016b.
- VON SPERLING, Marcos, *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. S.l.: s.n., 2015. ISBN 9781843391616.
- WALLIMAN, Nicholas, *Research Methods: The Basics*. S.l.: s.n., 2010. ISBN 9780415489911.
- WANG, Longmian, ZHANG, Yimin, LUO, Xingzhang, ZHANG, Jibiao y ZHENG, Zheng, Effects of earthworms and substrate on diversity and abundance of denitrifying genes (*nirS* and *nirK*) and denitrifying rate during rural domestic wastewater treatment. *Bioresource Technology* [en línea], vol. 212, pp. 174-181. 2016. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2016.04.044. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.044>.
- WANG, Longmian, ZHENG, Zheng, LUO, Xingzhang y ZHANG, Jibiao, Performance and mechanisms of a microbial-earthworm ecofilter for removing organic matter and nitrogen from synthetic domestic wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 195, pp. 245-253. 2011a. ISSN 03043894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2011.08.035.
- WANG, Longmian, ZHENG, Zheng, LUO, Xingzhang y ZHANG, Jibiao, Performance and mechanisms of a microbial-earthworm ecofilter for removing organic matter and nitrogen from synthetic domestic wastewater. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 195, pp. 245-253. 2011b. ISSN 03043894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2011.08.035. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.08.035>.

Anexo N° 3. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDAD DE MEDICIÓN
VI/V1 Lombrifiltro	El sistema de lombrifiltro es un proceso biooxidativo en el que las lombrices de tierra detritívoras interactúan intensamente con los microorganismos y otros animales del suelo dentro de la comunidad de descomposición. Las lombrices de tierra desempeñan un papel importante en el sistema de lombrifiltros por el consumo, la digestión y la asimilación de altas tasas de sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales(Sinha, Bharambe, y Chaudhari, 2008).	Se elaborará un sistema de lombrifiltro con lombrices rojas californianas, monitoreando el pH de las aguas residuales que ingresarán al sistema, así mismo se tendrá como variable el tiempo de retención hidráulica (TRH).	Características del lombrifiltro	Dimensiones	cm
				Flujo	mL/min
				Volumen	cm ³
			Características de las lombrices	Tipo	Roja californiana
				Cantidad	Kg
				Edad	Años
			pH de las aguas	pH 1=7	Ácido/base
				pH 2=7.5	Ácido/base
Tiempo de retención hidráulica (TRH) del lombrifiltro	TRH 1=12	Horas			
	TRH 2=24	Horas			
VD/V2 Tratamiento de coliformes en aguas residuales	El tratamiento de las aguas residuales para eliminar microorganismos de las aguas residuales usando lombrifiltros fue estudiado por varios autores, quienes mencionan que la reducción de patógenos (Coliformes totales y fecales- <i>Esch. coli</i>) en los procesos de lombricultura se debe principalmente a la acción de las enzimas intestinales secretadas en la pared corporal de la lombriz de tierra (Liu et al., 2012).	Para determinar la carga de coliformes totales y fecales (<i>E. Coli</i>) de las aguas residuales, se tomó una muestra antes y después del tratamiento y luego se envió a un laboratorio acreditado. El pH final del agua residual se determinó con el multiparámetro,	Características microbiológicas del agua residual antes y después del tratamiento	Coliformes totales	NMP/100 mL
				<i>E. Coli</i>	NMP/100 mL
			pH final de aguas residuales	pH	Ácido/base

Anexo N° 4. Instrumentos de recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA N° 01: Características del lombrifiltro		
Título		Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021		
Línea de investigación		Tratamiento y Gestión de Residuos		
Investigadores		Vargas Rojas, Lizbeth Ángela		
Muestra /Indicadores	Dimensiones (m)	Flujo (m/s)	Volumen (cm ³)	
M1				
M2				
M3				




Henry R. Ochoa León
INGENIERO QUÍMICO
CIP N° 124232

Firma del experto
CIP: 124232
Teléfono: 954416149




FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 210896

Firma del experto
CIP:
Teléfono:



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIIP: 162994

Firma del experto
CIP:
Teléfono:

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA N° 02: Características de las lombrices	
Título	Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021		
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de Residuos		
Investigadores	Vargas Rojas, Lizbeth Ángela		
Muestra /Indicadores	Tipo	Cantidad (Kg)	Edad (Años)
M1			
M2			
M3			




Henry R. Uchca León
INGENIERO QUÍMICO
CIP N° 124232

Firma del experto
CIP: 124232
Teléfono: 954416149




**FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO**
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 210896

Firma del experto
CIP:
Teléfono.....



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIP: 162994

Firma del experto
CIP:
Teléfono.....

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA N° 03: Caracterización microbiológica inicial del agua residual (coliformes totales y <i>E. Coli</i>)	
Título	Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021	
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de Residuos	
Investigadores	<i>Vargas Rojas, Lizbeth Ángela</i>	
Laboratorio		
Muestra /Indicadores	Coliformes totales (NMP/100 mL)	<i>E. Coli</i> (NMP/100 mL)
M1		
M2		
M3		




Henry R. Ochoa León
INGENIERO QUÍMICO
CIP N° 124232

Firma del experto
CIP: 124232
Teléfono: 954416149




**FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO**
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 210896

Firma del experto
CIP:
Teléfono.....



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI:70837735
CIIP: 162994

Firma del experto
CIP:
Teléfono.....

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA N° 04: Características microbiológicas del agua residual después del tratamiento y pH final											
Título	Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021											
Línea de investigación	Tratamiento y Gestión de Residuos											
Investigadores	Vargas Rojas, Lizbeth Ángela											
Laboratorio												
Réplicas/Variables	Coliformes totales				<i>E. Coli</i>				pH final			
	pH 1=7		pH 2=7.5		pH 1=7		pH 2=7.5		pH 1=7		pH 2=7.5	
	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12 h	TRH 2=24 h	TRH 1=12	TRH 2=24	TRH 1=12	TRH 2=24	TRH 1=12	TRH 2=24	TRH 1=12	TRH 2=24
1												
2												
3												




Henry R. Ochoa León
INGENIERO QUÍMICO
CIP N° 124232

Firma del experto
CIP: 124232
Teléfono: 954416149



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 210896

Firma del experto
CIP:
Teléfono:



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIIP: 162994

Firma del experto
CIP:
Teléfono:

Anexo N° 5. Validación de instrumentos



SOLICITUD:
Validación de
instrumento de
recojo de
información.

Sr.: **OCHOA LEÓN, HENRRY RAÚL**

Yo; Vargas Rojas, Lizbeth Ángela, Identificada alumna del Taller de Titulación 2020 de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el proyecto de investigación que vengo elaborando titulada: "Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima 30 de julio, 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lizbeth Vargas", written over a horizontal line.

Vargas Rojas, Lizbeth Ángela
ORCID: 0000-0002-1677-9691

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ms. Ochoa León Henry Raúl
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente investigador de la UNCP
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Maestro en Ingeniería Química Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos fichas N°1, 2, 3 y 4
- 1.5. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90.0

Huancayo, 14 de julio del 2021



Henry R. Ochoa León
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP N° 124232

SOLICITUD:
Validación de
instrumento de
recojo de
información.

Sr.: MENDOZA CIRIACO, FIORELLA STEFANY

Yo; Vargas Rojas, Lizbeth Ángela, Identificada alumna del Taller de Titulación 2020 de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el proyecto de investigación que vengo elaborando titulada: “Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021”, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima 30 de julio, 2021



Vargas Rojas, Lizbeth Ángela
ORCID: 0000-0002-1677-9691

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza Ciriaco Fiorella Stefany
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Sub Gerente de JHACC SAC
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Maestría en Ingeniería Ambiental
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos fichas N°1, 2, 3 y 4
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Rojas, Lizbeth Ángela

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90.5

Huancayo, 14 de julio del 2021



FIORELLA STEFANY
MENDOZA CIRIACO
INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 210896

SOLICITUD:
Validación de
instrumento de
recojo de
información.

Sr.: CASTRO TENA, LUCERO KATHERINE

Yo; Vargas Rojas, Lizbeth Ángela, Identificada alumna del Taller de Titulación 2020 de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para el proyecto de investigación que vengo elaborando titulada: “Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021”, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima 30 de julio, 2021



Vargas Rojas, Lizbeth Ángela
ORCID: 0000-0002-1677-9691

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Validación de instrumentos

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumentos fichas N°1, 2, 3 y 4
- 1.5. Autor(A) de Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Huancayo, 14 de julio del 2021


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIP: 162994

Anexo N° 6. Certificado de análisis

6-I



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
Vicerrectorado de Investigación
Laboratorio de Investigación de Aguas

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS

NOMBRE DEL PROYECTO	N ° DE REPORTE: 020/2021	DATOS DEL SOLICITANTE	
LOMBRIFILTRO PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL COLECTOR 31 DE OCTUBRE DEL DISTRITO DE HUANCAN-HUANCAYO EN EL AÑO 2021	LIZBETH ANGELA VARGAS ROJAS		
	FECHA DE MUESTREO	21/06/2021	
	FECHA DE ANÁLISIS	21/06/2021	
FUENTE	AGUA RESIDUAL DOMESTICA-COLECTOR 31 DE OCTUBRE		
LOCALIDAD	HUANCAN	ESTE	2639992
DIST/PROV/DEP.	HUANCAN/HUANCAYO/JUNIN	NORTE	144766
PARAMETROS	MICROBIOLOGICO	ALTURA(msnm)	3176
MUESTREADO POR	LIZBETH ANGELA VARGAS ROJAS		

RESULTADOS

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	UNIDAD	RESULTADO
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	15531000
<i>E. coli</i>	NMP/100mL	7270000

OBSERVACIONES:

- *Las muestras fueron proporcionados por el interesado(a)
- *Documentos de referencia: Standard Methods for examination of water and wastewater 23rd Edition -2017/9308-2:1990 ISO
- *Método de ensayo- microbiológico: Método Colilert/IDEXX Quanti-Tray/2000 Tabla, número más probable (NMP/para Coliformes totales, termotolerantes y *E.coli*)
- *Documentos de referencia: ISO 9308-2:1990
- *Parámetros no acreditados



[Firma]
Dra. María Castañeda Villanueva
 COORDINADORA GENERAL



[Firma]
Ing. Heidis De la Cruz Solano



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES

INFORME DE ENSAYO N° 1-0114/21

Pág. 1/1

Solicitante : Lizbeth Angela Vargas Rojas
Domicilio legal : Calle Los Rosales S/N- Saños Chico
Proyecto : Lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales domésticas del colector 31 de Octubre del distrito de Huancán - Huancayo en el año 2021
Muestra(s) Declarada(s) : Agua Residual - Tratada
Procedencia de la muestra : Huancán - Huancayo
Cantidad de muestras para el Ensayo : 04 muestra x 250 mL
Forma de Presentación : 04 Frasco de Plástico
Fecha de Recepción : 07/07/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 07/07/21
Fecha de Término del Ensayo : 08/07/21
Fecha de Emisión de Informe : 12/07/21
N° de Cotización de Servicio : ----


Código	Concentraciones de Escherichia coli	Concentraciones de Coliformes totales
L11R2	12.5×10^5	8.51×10^6
L12R2	9.81×10^3	5.10×10^4
L21R2	7.12×10^3	3.57×10^4
L22R2	1.3×10^1	3×10^1

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

Método de Análisis:

Método Colliert / IDEXX Quanti-Tray / 2000 Tabla, número más probable (NMP) para Coliformes totales, termpotolantes y E.coli)

Huancayo, 12 de Julio de 2021


GRUPO JHACC S.A.C.
 Ing. Henry R. Ochoa León
 CIP N° 124232
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe

*Prohíbida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01



LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES

INFORME DE ENSAYO N° 1-0119/21

Pág. 1/1

Solicitante : Lizbeth Angela Vargas Rojas
Domicilio legal : Calle Los Rosales S/N- Saños Chico
Proyecto : Lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales domésticas del colector 31 de Octubre del distrito de Huancán - Huancayo en el año 2021
Muestra(s) Declarada(s) : Agua Residual - Tratada
Procedencia de la muestra : Huancán - Huancayo
Cantidad de muestras para el Ensayo : 04 muestra x 250 mL
Forma de Presentación : 04 Frasco de Plástico
Fecha de Recepción : 16/07/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 16/07/21
Fecha de Término del Ensayo : 16/07/21
Fecha de Emisión de Informe : 20/07/21
N° de Cotización de Servicio : -----

Código	Concentraciones de Escherichia coli	Concentraciones de Coliformes totales
L11R3	12.8×10^5	8.48×10^6
L12R3	9.85×10^3	5.10×10^4
L21R3	7.22×10^3	3.568×10^4
L22R3	1.0×10^1	3.1×10^1

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

Método Colliert / IDEXX Quanti-Tray / 2000 Tabla, número más probable (NMP) para Coliformes totales, termotolerantes y E.coli

Huancayo, 20 de Julio de 2021

GRUPO JHACC S.A.C
Ing. Henry R. Ochoa León
CIF N° 124232
JEFE DE LABORATORIO

*El Informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe

*Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01

Jr. Santa Rosa N° 1361 - El Tambo, Huancayo - Perú Celular: 971 718825 - 954 416149 - 956 988682

Correo: proyectos@grupojhacc.com / administracion@grupojhacc.com

www.grupojhacc.com



"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-0109/21

Pág. 1/1

Solicitante : Lizbeth Angela Vargas Rojas
Domicilio legal : Calle Los Rosales S/N- Saños Chico
Proyecto : Lombrifiltro para el tratamiento de aguas residuales domésticas del colector 31 de Octubre del distrito de Huancán - Huancayo en el año 2021
Muestra(s) Declarada(s) : Agua Residual - Tratada
Procedencia de la muestra : Huancán - Huancayo
Cantidad de muestras para el Ensayo : 04 muestra x 250 mL
Forma de Presentación : 04 Frasco de Plástico
Fecha de Recepción : 29/06/21
Fecha de Inicio del Ensayo : 29/06/21
Fecha de Término del Ensayo : 29/06/21
Fecha de Emisión de Informe : 01/07/21
N° de Cotización de Servicio : ----

Código	Concentraciones de <i>Escherichia coli</i>	Concentraciones de Coliformes totales
L11R1	12.6 x10 ⁵	8.49 x10 ⁶
L12R1	9.99 x10 ³	5.12 x10 ⁴
L21R1	7.2x10 ³	3.56x10 ⁴
L22R1	1.1 x10 ¹	3.3x10 ¹

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

Método de Análisis:

Método Colliert / IDEXX Quanti-Tray / 2000 Tabla, número más probable (NMP) para Coliformes totales, termotolerantes y E. coli)

Huancayo, 01 de Julio de 2021


GRUPO JHACC S.A.C
Ing. Henry R. Ochoa León
 CIP N° 124232
 JEFE DE LABORATORIO

*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe

*Prohíbida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Declaratoria de Autenticidad del Asesor


Yo, Quijano Pacheco Wilber Samuel docente de la Facultad Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo (Lima-Norte), asesor del Trabajo de Tesis titulada “Lombrifiltro para el tratamiento de coliformes en aguas residuales domésticas del colector 31 de octubre Huancan-Huancayo 2021”

De la autora Lizbeth Angela Vargas Rojas constato que la investigación tiene un índice de similitud de **14%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Los olivos 20 de agosto del 2021,

Quijano Pacheco Wilber Samuel	
DNI 06082600	Firma 
ORCID 0000-0001-7889-7928	