



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas  
residuales en el distrito de San Sebastián, Provincia y Región  
del Cusco, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORA:**

Cartagena Rosell, Milagros Margareth (ORCID: 0000-0002-3217-9645)

**ASESOR:**

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a Dios, quien fue mi fortaleza, con mucho amor a mi abuelita Celia, mi ángel que desde el cielo me cuida, a mi mamá Ada y a mi hermana Ibeth quienes siempre estuvieron conmigo a pesar de todo, dándome fuerzas siempre, ellas con su infinito amor, ejemplo de fortaleza y valores me enseñaron a ser valiente y a confiar más en mí, a mi papá José por su apoyo, aliento y preocupación, finalmente a mis amados Oddy y Peke, por aguantar a mi lado tantas noches de desvelo, acompañándome mientras redactaba mi tesis, brindándome calor y compañía.

### **Agradecimiento**

Agradezco infinitamente a Dios, a la Virgen del Carmen y al Sr. De Qoyllorrit'y, por guiarme y cuidarme siempre, a mi abuelita Celia que desde el cielo nos cuida, a mi mamá Ada por su inmenso amor, fortaleza y coraje, por darme ánimo cuando no podía más, gracias a ella soy lo que soy, a mi hermana Ibeth, por sus enseñanzas, amor y apoyo incondicional, por escucharme, aconsejarme y ayudarme siempre, gracias a las dos por estar en las buenas y en las malas, a mi papá José por su preocupación y sus palabras de aliento para seguir adelante. También a mi asesor Mg. Herrera Díaz Marco Antonio, por ayudarme con la elaboración de la tesis.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de ilustraciones .....	vii
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	9
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	45
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación. ....	45
3.2. Variables y Operacionalización.....	48
3.3. Categorías, Subcategorías y Matriz de Categorización.....	56
3.4. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	61
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	65
3.6. Procedimientos.....	66
3.7. Método de Análisis de Datos.....	69
3.8. Aspectos Éticos.....	69
IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....	71
V. CONCLUSIONES .....	121
VI. RECOMENDACIONES .....	124
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	126
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1 Proceso de la PTAR SEDACUSCO. ....	21
Tabla 2 Objetivos del pre-tratamiento. ....	22
Tabla 3 ECA categoría 3 (DS N° 015-2015-MINAM) físicos - químicos. ....	38
Tabla 4 ECA categoría 3 (DS N°015-2015-MINAM) inorgánicos-plaguicidas organoclorados.....	39
Tabla 5 ECA categoría 3 (DS N° 015-2015-MINAM) carbamato-PCB's-microbiológicos y parasitológicos.....	40
Tabla 6 ECA categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) fisicoquímico.....	41
Tabla 7 ECA categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) inorgánicos, plaguicidas y organoclorados.....	42
Tabla 8 ECA categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) carbamato, PCB, microbiológicos y parasitológicos.....	43
Tabla 9 LMP Efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM). ....	44
Tabla 10 Matriz de operacionalización de las variables de la investigación. ....	56
Tabla 11 Matriz de categorización apriorística. ....	60
Tabla 12 Resumen de criterios de búsqueda.....	69
Tabla 13 Evolución histórica por etapas.....	72
Tabla 14 Evolución histórica de antecedentes de la investigación.....	76
Tabla 15 Resultados en Función a la ficha de control de eisenia foetida.....	82
Tabla 16 Promedios de parámetros por meses.....	82
Tabla 17 Condición climática (temperatura y precipitación) marzo-abril-mayo. ...	85
Tabla 18 Condición climática (temperatura y precipitación) junio-julio-agosto. ....	86
Tabla 19 Condición climática (temperatura y precipitación) setiembre-octubre. ..	87
Tabla 20 Resultado de registro para el control de parámetros del afluente del sistema.....	93
Tabla 21 Valores evaluados de agua residual durante el desarrollo del trabajo de investigación.....	93
Tabla 22 Resultado de datos del formato de registro para el control de parámetro del efluente en el sistema.....	99
Tabla 23 Valores evaluados de agua residual (efluente) durante el desarrollo del trabajo de investigación.....	100
Tabla 24 Resultados microbiológicos de análisis de laboratorio. ....	102

Tabla 25 Resultados de análisis en laboratorio de agua residual tratada en el sistema.....	109
Tabla 26 Comparación antes del tratamiento con ECA y LMP.....	110
Tabla 27 Comparación después del tratamiento con ECA y LMP.....	113
Tabla 28 Comparación de efectividades entre sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	115
Tabla 29 Matriz de consistencia.....	137
Tabla 30 Matriz de operacionalización de las variables de investigación.....	148
Tabla 31 Ficha de control de <i>Eisenia foetida</i> .....	151
Tabla 32 Formato de registro para el control de parámetros en el sistema .....	152
Tabla 33 Resultados de análisis de laboratorio .....	153

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Sub Cuenca Río Huatanay .....	15
Ilustración 2 Mapa hidrográfico y microcuencas.....	16
Ilustración 3 Diagrama de tratamiento de aguas residuales - proceso de la PTAR .....	21
Ilustración 4 Diagrama operación de línea PTAR.....	22
Ilustración 5 Secuencia del tratamiento.....	23
Ilustración 6 Esquema general de funcionamiento de un humedal artificial. ....	24
Ilustración 7 Biopelícula, prototipo de planta.....	25
Ilustración 8 Composición interna de la Eisenia foetida. ....	26
Ilustración 9 Sistema circulatorio de la Eisenia foetida.....	27
Ilustración 10 Ciclo reproductivo de la Eisenia foetida. ....	28
Ilustración 11 Diagrama Sistema Tohá. ....	30
Ilustración 12 Esquema lombrifiltro. . ....	34
Ilustración 13 Proceso cuantitativo. ....	45
Ilustración 14 Diseño esquemático de la investigación. . ....	47
Ilustración 15 Mapa del Distrito de San Sebastián.....	61
Ilustración 16 Mapa de ubicación del estudio. ....	62
Ilustración 17 Mapa de ubicación político San Sebastián - Cusco.....	63
Ilustración 18 Control Eisenia foetida .....	83
Ilustración 19 Control de parámetros afluente.....	93
Ilustración 20 Control de parámetros efluente.....	100
Ilustración 21 Resultados de análisis de laboratorio coliformes termotolerantes. .....	103
Ilustración 22 Resultados análisis de laboratorio DBO5.....	103
Ilustración 23 Resultados análisis de laboratorio DQO .....	104
Ilustración 24 Resultados análisis de laboratorio pH.....	104
Ilustración 25 Resultados análisis de laboratorio STS .....	105
Ilustración 26 Resultados análisis de laboratorio Aceites & Grasas.....	105
Ilustración 27 Resultados análisis de laboratorio temperatura .....	106
Ilustración 28 Resultados análisis de laboratorio turbidez.....	106
Ilustración 29 Resultados análisis de laboratorio C.E .....	107

## Índice de abreviaturas

**CE:** Conductividad eléctrica.

**CT:** Coliformes totales

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxígeno

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**ECA:** Instrumento de gestión ambiental denominado Estándar de Calidad Ambiental, establecido para medir los grados o niveles de concentración de sustancias o parámetros biológicos, químicos y físicos presentes en medio, sea aire, agua y suelo. Estos elementos no deben representar riesgo para las personas y para el ambiente.

**GrC:** Grupo de control

**GrE:** Grupo experimental

**In-situ:** En el sitio, en el lugar.

**LMP:** Límite Máximo Permisible, establece una medida de concentración de aquellos elementos, sustancias, parámetros químicos, biológicos y físicos, presentes en emisiones liberadas al ambiente estos elementos al excederse causan o pueden llegar a causar daños a la salud de la población y al ambiente.

**MO1:** Muestra de agua sin tratamiento.

**MO2:** Muestra de agua con tratamiento.

**MO3 y MO4:** Muestras de aguas sin tratamiento.

**OD:** Oxígeno disuelto.

**pH:** Potencial de hidrogeno, es una medida que establece acidez en una solución.

**PTAR:** Son siglas de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, pudiendo ser domésticas o municipales, esta infraestructura y procesos que realiza admiten la limpieza de aguas negras o grises, que la población genera.

**Q:** Caudal de un fluido.

**SDT:** Sólidos disueltos totales.

**STS:** Sólidos totales suspendidos.

**T°=** Temperatura.

**X:** biofiltro y *Eisenia foetida* en el Sistema Tohá

## Definición de términos básicos

**Afluente:** se define como aquel fluido (agua) la cual ingresa a una PTAR, para su posterior tratamiento.

**Bacterias Aeróbicas:** vienen a ser los organismos unicelulares que requieren oxígeno en su medio para poder desarrollar y vivir.

**Bacterias Anaeróbicas:** son todos los organismos que viven o llegan a desarrollar en ausencia de cantidades significativas de oxígeno.

**Biopelícula:** organizaciones microbianas compuestas por microorganismos que se adhieren a las superficies gracias a la secreción de un exopolímero.

**Calidad ambiental:** es la presencia de elementos o características que califican el estado, acceso y/o disponibilidad de la naturaleza.

**Carga hidráulica:** es un término utilizado para instituir una gradiente hidráulica entre dos o más puntos, se define como aquel volumen o masa de agua empleado por unidad de superficie toda en un concluyente periodo de tiempo, sus unidades de medida son  $m^3/m^2/día$ .

**Coliformes termotolerantes:** son un subgrupo de los coliformes totales, microorganismos intestinales generalmente están en los mamíferos y animales de sangre caliente, estos microorganismos patógenos se encuentran presentes en aguas residuales de origen domésticos. Definidos también como bacilos gram-negativos aquellos que fermentan la lactosa. En este grupo se encuentran: Escherichia coli, Enterobacter y Klebsiella.

**Condiciones Anaerobias:** definido como estados del agua cuya concentración de oxígeno disuelto es muy baja para permitir la presencia de bacterias aeróbicas.

**Desarrollo sostenible:** también llamado desarrollo sustentable, es todo aquel desarrollo que se mantenga en el tiempo por sí mismo, promoviendo la coherencia entre el crecimiento económico, recursos naturales y la sociedad, todo sin producir escases de los recursos naturales existentes.

**Estándar de Calidad Ambiental:** Instrumento de gestión ambiental establecido para medir los niveles de concentración y/o nivel de sustancias, elementos o parámetros químicos, físicos y biológicos que se encuentren presentes en el agua, aire y suelo. No represente riesgo alguno para la salud de las personas y para el ambiente.

**Efluente:** Residuo líquido producto de diferentes procesos de una planta productiva, estas se suelen componerse por agua y químicos, en cambio, hidrológicamente hablando se define al curso de agua que surge de un río como una ramificación.

**Límite Máximo Permisible:** Establece la medida de concentración de los elementos, sustancias, parámetros tanto físicos, químicos y biológicos, presentes en emisiones liberadas al ambiente estos elementos al excederse causan o pueden llegar a causar daños a la salud de la población y al ambiente.

**Parámetro:** Valor numérico que se utilizara en la presente investigación, respecto a las diferentes características del estudio.

**Patógeno:** Aquel elemento, agente biológico o medio que es capaz de producir algún tipo de daño y enfermedad en el cuerpo de humano, animal o vegetal, al alojarse en un ente biológico determinado.

**Protocolo de Monitoreo:** Se establece como metodologías y procedimientos previamente establecidas por Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en combinación con el Ministerio del Ambiente (MINAM), se deben cumplir en los programas de monitoreo.

**Sostenible:** Que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar graves daños al ambiente.

**Sostenibilidad:** Este término aparece por primera vez en el Informe Brundtlan (1987), garantizar las necesidades del presente sin afectar a las futuras generaciones, manteniendo la protección ambiental, el desarrollo social y el crecimiento económico caminando de la mano.

**Temperatura:** Propiedad de la materia que depende de la sensación de calor o frío al sentirse en contacto con ella, magnitud escalar que mide la cantidad de energía térmica de un cuerpo.

## Resumen

La presente tesis estableció como objetivo principal, determinar la eficiencia de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas residuales en la ciudad del Cusco, la *E. foetida* adaptándose durante 7 días con el agua a tratar del Río Huatanay, inoculando luego el lombrifiltro, conformado por un estanque de vidrio de 8 mm de espesor y los estratos: primero *E. foetida*, sustrato y aserrín, segundo malla Raschel 80%, tercero arena fina y gruesa, cuarto agregados de 3.5 a 5 cm y quinto agregados de 6 a 7.5 cm. Un tanque de 90 litros alimenta con flujo continuo al lombrifiltro durante 7 meses. Resultados de análisis antes y después son: Coliformes Termotolerables  $24 \times 10^5$  NMP/ 100 ml - 240 NMP/ 100 ml, Aceites & Grasas 12.30 mg/L - 7.80 mg/L, DBO5 46.79 mg/L - 16.95 mg/L, DQO 121.60 mg/L - 48.10 mg/L, STS 68.85 mg/L - < 5 mg/L, C.E 1224.0 us/cm - 395.0 us/cm, turbidez 3.11 NTU - 3.07 NTU, pH 7.95 – 7.46 y temperatura 20.3°C - 18.9°C, comparándose con LMP D.S N° 003-2010-MINAM y ECA Categoría 3 D.S N°004-2017-MINAM. Se concluyó que los parámetros analizados se redujeron después de aplicarse en el lombrifiltro, demostrando su aplicabilidad en variados sectores.

### **Palabras clave:**

*Eisenia foetida*, Sistema Tohá, Lombrifiltro, tratamiento de aguas residuales, PTAR.

## **Abstract**

The present thesis established as the main objective, to determine the efficiency of *Eisenia foetida* in the treatment of wastewater in the city of Cusco, *E. foetida* adapting for 7 days with the water to be treated from the Huatanay River, then inoculating the worm filter, formed through an 8 mm thick glass pond and the strata: first *E. foetida*, substrate and sawdust, second 80% Raschel mesh, third fine and coarse sand, fourth aggregates of 3.5 to 5 cm and fifth aggregates of 6 to 7.5 cm. A 90 liter tank feeds the worm filter continuously for 7 months. Before and after analysis results are: Thermotolerable Coliforms  $24 \times 10^5$  MPN / 100 ml - 240 MPN / 100 ml, Oils & Fats 12.30 mg / L - 7.80 mg / L, DBO5 46.79 mg / L - 16.95 mg / L, DQO 121.60 mg / L - 48.10 mg / L, STS 68.85 mg / L - <5 mg / L, C.E 1224.0 us / cm - 395.0 us / cm, turbidity 3.11 NTU - 3.07 NTU, pH 7.95 - 7.46 and temperature 20.3 ° C - 18.9 ° C, comparing with LMP DS N° 003-2010-MINAM and ECA Category 3 DS N° 004-2017-MINAM. It was concluded that the analyzed parameters were reduced after being applied in the worm filter, demonstrating their applicability in various sectors.

### **Key words:**

*Eisenia foetida*, Sistema Tohá, Worm filter, Treatment of residual waters, PTAR.

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos esenciales para la prevalencia de la vida en el planeta la Tierra es el agua, nuestro planeta está conformado en su gran parte por este líquido vital, es por ellos que se la conoce como planeta azul, siendo en mayor proporción agua salada en los océanos y mares, y en menor proporción agua dulce en la parte continental, en los últimos años la principal problemática mundial es la reducción del recurso vital, el agua, en la región de estudio así como en todo el Perú se ve evidenciado claramente esta situación, por el deficiente sistema de alcantarillado, la informalidad y el crecimiento poblacional, así aumenta la demanda por recursos naturales, desencadenando la explotación de los mismos, se genera residuos sólidos y aguas residuales, lamentablemente muchas veces van a parar a los cuerpos acuáticos más cercanos, ya sean ríos, cochas, lagos o al mar.

En el año 2010 la asamblea General de las Naciones Unidas en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecieron como derecho humano esencial el agua potable y saneamiento pues es de vital importancia para proteger la salud de las personas y el pleno disfrute de la vida. (OMS, 2010)

De acuerdo a la referencia tomada en relación al manejo del agua, que considera como elemento esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades, ya que posee propiedades únicas, el agua cubre el 70% de la superficie del planeta, es considerado sustento de vida, contribuye a su vez a la regulación del clima; pero, solo un 2.5% del agua en la tierra es dulce y de este porcentaje el 80% están en glaciares, el 19% es subterránea y 1% es accesible. Es decir solo una pequeña parte está disponible para nuestro consumo. Algunas de las propiedades que posee, por ejemplo son: tres estados de la materia (sólido, líquido y gas), su capacidad calorífica ya que absorbe calor importante sin aumentar mucho su propia temperatura, permite la disolución de sustancias iónicas y la tensión superficial, tendiendo a unir gotas en vez de separarlas facilitando su movimiento a través de raíces de plantas y vasos sanguíneos en nuestro cuerpo, estas son algunas características que tiene. Por todo lo mencionado la administración del agua es de vital importancia y su distribución debe ser igualitaria.

En los últimos años este recurso se está viendo afectado por la contaminación ambiental que va en aumento, la falta de educación ambiental y conciencia sobre el

uso y conservación adecuada de este recurso, influye también la explosión demográfica, el defectuoso sistema de ordenamiento territorial y la deficiente gestión de recursos siendo factores que agravan este problema, la demanda de este recurso enfrenta a poblaciones enteras por el control y uso de ello, siendo un problema también social. Cada vez más personas construyen sus viviendas en riveras de ríos, en fallas geológicas, etc. poniendo en riesgo sus propias vidas y la de los demás, ya que como es de esperarse estas no cuentan con un adecuado sistema de desagüe y vierten directamente en los cuerpos acuáticos cercanos contaminado con diferentes elementos este recurso que posteriormente será usado por otras personas ya sea para riego, bebida de animales y consumo humano extendiendo la contaminación en el medio. El crecimiento exponencial de la población y la expansión industrial creó la necesidad de proporcionar mayor cantidad de agua para consumo, por esta necesidad se construyeron presas, embalses, desviaciones de ríos y tuberías para poder llevar el agua a lugares lejanos, pero ciertas actividades inciden de manera negativa en este recurso, disminuyendo la calidad de agua por eliminación de residuos representando un cambio para la vida acuática, según. (Glynn & Heinke, 1999)

Para este problema existen sistemas de tratamientos tanto tradicionales como convencionales, siendo un ejemplo del tradicional la PTAR, Para enfrentar el grave problema de la contaminación acuática producto de la actividad humana y el uso irracional de este recurso vital, se aplican variados métodos para el tratamiento de las aguas residuales como mecanismos o estrategias de mitigación en la prevención de la contaminación de cuerpos acuáticos, incluyen tratamientos mecánicos (PTAR), y otras veces se usan microorganismos capaces de descomponer y procesar los elementos que constituyen las aguas residuales. El tratamiento se divide en etapas, las cuales son: pre tratamiento, la cual consiste en la eliminación de material grueso cuya presencia en efluente perturbaría el tratamiento y el deficiente funcionamiento de las maquinas, dentro de esta etapa se encuentran el embaste, tamizado, desarenado y desaceitado. El tratamiento primario consiste en la remoción de solidos suspendidos floculentos mediante sedimentación que es la separación de solidos por gravedad, la coagulación y floculación que facilita el retiro de solidos suspendidos y partículas coloidales, tanques Imhoff es una unidad de tratamiento integra la sedimentación del agua y la digestión de lodos sedimentados y la digestión de lodos. Tratamiento secundario que tiene por finalidad la reducción de materia orgánica

presente en las aguas, siendo un proceso biológico de autodepuración, actúan comunidades bacterianas para oxidar la materia biodegradable, incluyen las lagunas aireadas, lodos activados y procesos anaerobios. Por último el tratamiento terciario tiene por objetivo eliminar la carga orgánica, microorganismos patógenos olor, color indeseables nitratos, fosfatos, detergentes y para garantizar la eliminación de patógenos esta la cloración. (Mendez & Pérez, 2007)

Pero de la misma manera existe otros tratamientos con menor impacto aplicando seres vivos los cuales son capaces de tratar el agua y a su vez generar mayores beneficios al medio, según (Martines Cerdas, 1996) los mecanismos para el tratamiento del agua residual en la actualidad implantan sistemas a base de lombrices, las cuales descomponen la materia orgánica presente en el agua residual, un claro ejemplo de la aplicación de organismos para el proceso es la *Eisenia foetida* más conocida como Lombriz Roja Californiana, posee un color rojizo a rosado, su tamaño oscila entre los 7 a 12 cm, se desarrollan a temperaturas optimas de 15°C a 24°C, el pH ideal es de 6.5 a 7.5 y un porcentaje de humedad del medio de 70% a 80%. Estas lombrices pueden llegar a comer de 4 a 7 veces al día, es por esto que es necesario mantener un alto contenido de materia orgánica en el lecho.

De acuerdo a las fuentes bibliográfica tomada, nos indica que la *Eisenia foetida* es apta para la cría en cautiverio, pues muestran gran capacidad de adaptación y resistencia, además indica que son muy longevas viven alrededor de 16 años aproximadamente y no contraen ni transmiten ninguna enfermedad, optimizando su uso. (Diaz, 2012)

Lombriz Roja Californiana, esta lombriz es capaz de realizar tratamiento de aguas residuales, posteriormente generar humus y fertilizar el suelo, es conocido como el Sistema Tohá aplicado en Chile para el tratamiento de aguas residuales demostrando su eficiencia. Este sistema tiene muchas ventajas una de ellas es la poca o nula generación de olores y vectores de contaminación durante el proceso, este punto representa un problema en otros sistemas de tratamiento convencionales, ya que en sus proceso si generan olores desagradables.

El presente trabajo de investigación que lleva por título **“Efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de San Sebastián, provincia y región del Cusco, 2020”**, el cual poseyó como objetivo determinar la efectividad de la *Eisenia foetida* para el tratamiento de aguas residuales en un proceso experimental a escala, permitiendo obtener información antes y después del

proceso para luego compararlas entre sí, y determinar si es el proceso es efectivo, contribuyendo de esta manera con la aplicación de sistemas para este tratamiento, ya que en bibliografía se comprobó que esta especie es muy buena en descomponer la materia orgánica, generando también abono que es de buena calidad, cabe resaltar que esta lombriz es muy eficiente en este proceso al no generar vectores de contaminación.

El trabajo de investigación también abarca el tema de agua residual siendo un tema de importancia ya que esta se genera a diario por la población y lamentablemente se llega a depositar en los cuerpos de agua cercanos a las ciudades, por las conexiones clandestinas de desagüe en construcciones en la rivera del río convirtiéndose en focos de contaminación en el ambiente, puesto que impactan de gran manera a la flora y fauna del lugar, muchas veces estas mismas aguas sirven de riego para vegetales de tallo corto o bebida de animales depositándose allí los contaminantes que se estudiaron en el proyecto de investigación, es por todo lo mencionado que este trabajo de investigación gana importancia.

El trabajo de investigación consta de:

**CAPITULO I.** Se desarrolló la introducción del trabajo de investigación.

**CAPITULO II.** Se desarrolló el marco teórico y conceptual del trabajo de investigación, en función a la revisión de fuentes bibliográficas primarias y secundarias; es así que compromete los antecedentes del estudio que guardan relación con una o las dos variables del trabajo de investigación, para el desarrollo de la investigación, se tomó en consideración el marco histórico, marco conceptual o denominado glosario de términos básicos del tema de investigación y la revisión de la legislación ambiental del Perú en la relación al proyecto de investigación.

**CAPITULO III.** Se desarrolló la metodología de la investigación, deslindando el tipo y nivel de la investigación efectuada, se definió el método y diseño del trabajo de investigación, así como las variables, matriz de categorización, cobertura de estudio, unidad de análisis, también técnicas e instrumentos de recolección de información y finalmente para concluir este capítulo los aspectos éticos.

**CAPITULO IV.** Se considera los resultados de la investigación, a partir de los instrumentos utilizados en el proceso experimental del estudio, de esta forma organizándose por variables y dimensiones que compromete comparación de los tratamientos de aguas residuales, los parámetros de calidad de agua (ECA y LMP), efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de agua, etc. Organizadas y

procesadas en expresiones estadísticas. A su vez se desarrolló también la discusión de los resultados obtenidos para comprobar las hipótesis en forma anticipada como respuestas tentativas al trabajo de investigación.

**CAPITULO V.** Tras el desarrollo de los capítulos anteriores llegamos a las conclusiones del trabajo de investigación realizados.

**CAPITULO VI.** Se desarrolló las recomendaciones, en los antecedentes se demostró la eficacia de este sistema de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas de origen residual domestica e industrial, puesto que los niveles de contaminación analizados en dichos estudios antes y después del tratamiento demuestran que los valores presentes disminuyen.

Finalmente se adjuntan las referencias bibliográficas y los anexos.

Teóricamente justificando, el agua residual representa un gran problema, por ello existe la necesidad de implementar nuevos métodos y sistemas de tratamiento para ellas e innovando sistemas más efectivos en el proceso. El Dr. José Tohá Castellá fue el precursor en el diseño del sistema que lleva su nombre, su diseño se basó en una experiencia previa en la planta de Lufkin, Texas (1981), desarrollo su patente en la Universidad de Chile, en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, demostró con esto que ese sistema a base de lombrices (*Eisenia foetida*), cumple con todos los parámetros de calidad de aguas dispuestos por norma de recursos hídricos chilena, remueve los patógenos y no genera lodos. Según (Tohá, 2000).

Según (A.V.F, 2003) define, que el sistema se desarrolló en el año 2000, de esta forma se convierte en un tecnología no convencional cumpliendo con bajos costos de operación haciendo viable su implementación, reveló también la eficacia del uso de lombrices en el tratamiento y para la estabilización de lodos como resultado del proceso. El sistema se compone por diferentes estratos, el agua a tratar discurre por ellos y la materia orgánica presente en esta es descompuesta por las lombrices en el primer estrato, es usada como fuente de alimento y fuente de energía para sus procesos metabólicos, luego de ingerir la materia orgánica es eyectada y a esto se conoce como humus de lombriz, cada cierto tiempo se debe extraer este material que sirve como abono, este proceso no genera lodos inestables.

De acuerdo con (Tohá, 2000), este proceso tiene los siguientes niveles de remoción de contaminantes: 95% DBO, 95% Solidos Totales, 93% Solidos Suspendidos Volátiles, 80% Aceites y Grasas, 60% a 80% del Nitrógeno Total, 60% a 70% del

Fósforo Total, 99% de Coliformes Fecales. Con lo que nos hace entender que este sistema es eficiente para el tratamiento de las aguas residuales.

Según la literatura, (Mejía, 1993) sostiene que el lombrifiltro está estructurado de la siguiente forma: una capa de 2 cm de espesor teórico, en la cual se encontrará la *Eisenia foetida*, el soporte está constituido por tres capas, siendo la primera de ellas aserrín (debajo del humus), seguidamente de ripio o grava y por ultimo bolones. La primera capa de 25 cm de espesor, esto para lograr la franja operativa de la lombriz, también sirve de alimento en el eventual caso que la carga contaminante del afluente sea insuficiente. La segunda capa de malla divisoria Raschel al 80% para retener el estrato de aserrín y lombrices, la tercera compuesta arena fina y arena gruesa, la cuarta capa compuesta por agregados de 35 mm a 50 mm y la quinta capa conformado por agregados entre 60 mm a 75 mm, las piedras de mayor tamaño van en la parte inferior y las de menor tamaño en la parte superior, esta capa está destinada al drenaje y aireación del sistema, en las piedras se forma flora bacteriana que digiere la materia orgánica que pasa por ella. El piso del filtro cuenta con una pendiente de 1% para que el agua fluya por la canaleta de evacuación la cual también cuenta con una pendiente de 0.50%. En el perímetro interno del lombrifiltro se instaló tubos de PVC de 110 mm de diámetro, los cuales van de forma vertical, sobresaliendo 20 cm del lecho filtrante, la parte sobresaliente del tubo se perforan orificios (10 mm) esto para permitir la aireación del fondo.

En la ciudad del Cusco se presenta un grave problema por la sobrepoblación, trayendo consigo la informalidad en construcciones domiciliarias, careciendo muchas veces de un sistema de alcantarillado adecuado, puesto que sus residuos van a parar a los ríos más cercanos, en la ciudad se cuenta con una PTAR de la EPS SEDACUSCO, que actualmente esta viene desarrollando el tratamiento de aguas residuales, abarcando tan solo el 81% del total de los distritos de San Jerónimo, San Sebastián, Santiago y Wanchaq. Así mismo la sociedad civil hasta la fecha no asimila como cultura de educación el cuidado del ambiente y de los recursos disponibles, observándose en diferentes zonas las descargas tanto de fluidos como residuos sólidos en los ríos, la deficiente información sobre contaminación ambiental en la población agrava el problema, es necesario que la población se involucre aún más en estos temas con ayuda de las municipalidades, realizando campañas de sensibilización y educación ambiental direccionadas a los ciudadanos, en temas como manejo de residuos sólidos, consumo responsable de los recursos, desarrollo

sostenible, etc. De esta manera se irá cambiando la forma de pensar, se generará una mayor conciencia ambiental y se protegerán mejor nuestros recursos naturales. Esta investigación tuvo como principal propósito demostrar que existen una variedad de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, haciendo uso de un organismo para la efectividad del proceso, el Sistema Tohá procesa el agua residual, eliminando los patógenos, cumpliendo con las normas de calidad de agua, no genera lodos activados y es de muy bajo costo de construcción y mantenimiento.

Sobre la realidad problemática presentada a continuación se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación planteado fue ¿Cuáles son los mecanismos para determinar la efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2020? los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿De qué manera es posible determinar la efectividad de la Eisenia foetida para el tratamiento de aguas residuales en el distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco?
- **PE2:** ¿De qué manera el sistema TOHA brinda la efectividad en el proceso de descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual mediante Eisenia foetida en el Distrito de San Sebastián previstas para el presente trabajo de investigación?
- **PE3:** ¿De qué manera las condiciones ambientales y la estructura morfológica de Eisenia foetida, determinan la capacidad descomponedora de materia orgánica presente en las aguas residuales a tratar?
- **PE4:** ¿Cuáles son las condiciones actuales del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián y en la ciudad del Cusco en general?
- **PE5:** ¿De qué manera se implementa en el cumplimiento de la aplicabilidad de las normas ambientales para descarga de aguas y los ECA respecto a efluentes tratados de aguas residuales?
- **PE6:** ¿De qué manera es conveniente determinar la calidad de agua tratada en función al cumplimiento de la normativa ambiental para el reúso de las mismas en riego, bebida de animales y consumo humano?
- **PE7:** ¿Cuáles son los mecanismos o estrategias de tratamiento de aguas residuales más apropiados y amigables para el medio ambiente en

concordancia a las normas de descarga de agua en el ámbito de estudio y en otros espacios o zonas geográficas a partir del trabajo de investigación?

El objetivo general fue: Determinar la efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2020. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Determinar la efectividad de la *Eisenia foetida* para el tratamiento de aguas residuales en el distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, mediante el proceso en el lombrifiltro con *Eisenia foetida*.
- **OE2:** Evaluar el sistema TOHA que brinda la efectividad en el proceso de descomposición de la materia orgánica presente en el agua residual mediante *Eisenia foetida* en el Distrito de San Sebastián previstas para el presente trabajo de investigación.
- **OE3:** Evaluar las condiciones ambientales y la morfología de *Eisenia foetida*, determinan la capacidad descomponedora de materia orgánica presente en las aguas residuales a tratar, haciendo recolección de datos diariamente.
- **OE4:** Reconocer las condiciones actuales del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián y de la ciudad del Cusco en general.
- **OE5:** Evaluar la implementación del sistema para el cumplimiento de su aplicabilidad en las normas ambientales para descarga de aguas y los ECA respecto a efluentes tratados de aguas residuales.
- **OE6:** Determinar la calidad de agua tratada en función al cumplimiento de la normativa ambiental para el reúso de las mismas en riego, bebida de animales y consumo humano.
- **OE7:** Formular los mecanismos o estrategias de tratamiento de aguas residuales más apropiados y amigables para el medio ambiente en concordancia a las normas de descarga de agua en el ámbito de estudio y en otros espacios o zonas geográficas a partir del trabajo de investigación.

## II. MARCO TEÓRICO

**ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**, como antecedentes internacionales se tiene:

*Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales – Salazar Miranda, Patricia – Universidad Austral de Chile - Chile 2005*

Conclusión: en el presente trabajo de investigación la tesista aplica el Sistema Tohá, representando una solución al problema séptico de las zonas rurales de Chile, en el sistema uso un lombrifiltro con *E. foetida*, el que obtuvo resultados favorables en la calidad de las aguas que son vertidas en cuerpos acuáticos mayores siendo aguas superficiales o subterráneas, el proceso es eficaz en remoción de microorganismos y contaminantes patógenos, demostrando una efectividad del 90%, este sistema cumple con la normativa chilena 1.333, la eficiencia se traduce en beneficios a la salud pública, mejorando la calidad del agua y sosteniendo ecosistemas acuáticos.

*Diseño e implementación a escala de un biofiltro Tohá en la epoch para la depuración de aguas residuales domésticas procedentes de la comunidad Langos La Nube – Coronel Pazmiño, Nancy Patricia - Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador 2015*

Conclusión: en la investigación se implementó un biofiltro Tohá a escala piloto, para realizar el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico, las cuales procedían de la Comunidad Langos La Nube, el piloto se conformó por un tambor homogeneizador, un sistema de impulsión, sistema de dispersión, un tanque de biofiltración, una trampa de lombrices y un tanque para almacenamiento y desinfección de las aguas tratadas. Se alimentó durante una semana con 12 litros al día, realizándose tres tratamientos por tres semanas obteniendo mayor eficiencia en remoción de DBO5, los parámetros a estudiar y sus resultados fueron: turbiedad 77.69%, amonios 68.24%, nitratos 80.00%, fosfatos 73.47%, DQO 51.69%, DBO5 84.38% y finalmente TDS 22.96%. El único parámetro que incremento fue el potencial de hidrogeno (pH) en 0.06 Und. Así como la reducción de conductividad en 480  $\mu$ Siems/cm. No se produjeron lodos inestables, el autor recomienda aplicar una capa de carbón activado.

*Diseño, construcción y evaluación de un prototipo biológico compuesto de Eisenia foetida y agave filifera, para el tratamiento de aguas residuales en la granja del ministerio de agricultura, acuacultura, ganadería y pesca – Aicedo Campoverde, Jenniffer - Riobamba Ecuador 2015.*

Conclusión: La finalidad del proyecto fue diseñar, construir y evaluar un modelo biológico compuesto por Eisenia foetida y Agave filifera, para realizar el tratamiento de aguas residuales, al principio se caracterizó el agua, realizando análisis semanales para poder determinar concentraciones y porcentajes de los parámetros evaluados, finalmente realizar una comparación entre ellos, dichos parámetros a evaluar fueron: DBO, DQO, coliformes fecales y los parámetros de registro como pH y temperatura. Los resultados demostraron una eficiencia en disminución de coliformes fecales 94.4%, DBO 87.7% y DQO 92.2%. Se concluye que el biofiltro es altamente eficaz en cuanto a remoción de contaminantes biológicos

*Efectos de Eisenia foetida y Eichhornia crassipes en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos – Vizcaíno Mendoza, Lissette & Fuentes Molina, Natalia – Universidad de La Guajira – Riohacha Colombia 2016*

Conclusión: El objetivo principal de la investigación fue conocer la capacidad depuradora de un sistema biológico, el cual representa una alternativa para la reducción de carga contaminante de los efluentes de origen doméstico en el lugar de estudio San Juan del César, se evaluaron E. foetida y E. crassipes, ambas especies en el proceso de tratamiento sobre la remoción de contaminantes, aplicando tres tratamientos durante un mes, el primero con E. foetida, el segundo con E. crassipes y finalmente el tercero aplicando ambas especies, se evaluaron las concentraciones de nitrógeno total, fosfatos coliformes totales, Escherichia coli, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, turbidez, DBO5 y DQO. Fueron analizadas 30 muestras, obteniendo como resultado en el primer tratamiento remoción de DQO 69.2%, en el segundo tratamiento se eliminó el 100% de SST, mientras el tercer tratamiento reportó las mejores eficiencias en remoción. Se determinó finalmente que el tercer tratamiento es el que mejores resultados generó con excepción de DBO.

Así mismo, antecedentes nacionales.

*Eficiencia de Lumbricus terrestris y Eisenia foetida en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua – Acuña Marrufo, José & Reyes Sánchez, Jean –*

*Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Chachapoyas, 2015*

Conclusión: Los lombrifiltros diseñados basados en el Sistema Tohá fue fácil de construir, con pequeño costo y alta eficiencia para el tratamiento del agua residual, así se trabajaron con dos especies de lombrices para determinar la efectividad de cada una. Se evaluaron parámetros como: conductividad eléctrica 47,23%, temperatura 4,99%, sulfatos 78,33%, fósforo total 51,93%, nitratos 67,52%, nitrógeno total 68,04%, aceite y grasas 29,98%, SST 31,36%, DBO5 94,51%, DQO 94,96%, coliformes totales 90,18%, coliformes fecales 91,36%, Escherichia coli 98,80%, mientras que los parámetros como pH 2,52% y sólidos disueltos totales 22,76% aumentaron. Se determinó que la L. terrestris tuvo una eficacia de remoción en 63%, en cambio la E. foetida obtuvo un 73% de remoción.

*Sistema Tohá, para el tratamiento de aguas residuales de la Universidad Cesar Vallejo – Paico Revilla, Deyvis Antoni – Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo, 2017*

Conclusión: En el estudio se emplea una muestra de 50 litros de agua residual producida en la Universidad César Vallejo, por cada etapa de tratamiento, la cual se restablece cada 4 horas, es decir, se aplicó un total de 200 litros por día. Este sistema aplicado demostró ser efectivo en un 25.10% en remoción de DBO5, DQO removió un 22.68%, sólidos suspendidos totales un 44.74%, el pH se redujo 0.9 unidades y 4.6 °C de temperatura. Considerando a este sistema ecológico y económico respecto a la construcción y mantenimiento en comparación con otros sistemas.

*Eficiencia del tratamiento de aguas residuales utilizando Lombrices Californianas (Eisenia foetida) y el Jacinto Acuático (Eichhornia crassipes) – Reyes Farje, Jefferson Fitzgerald & Morales Rojas, Eli – Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - Chachapoyas, 2018*

Conclusión: En esta investigación aplica un estudio experimental sobre la capacidad depuradora de nutrientes existentes en aguas residuales, por medio de Lombriz Roja Californiana y Jacinto Acuático, la primera presentan una eficaz depuración del agua obteniendo los siguientes resultados: DBO inicial de 12.80 mg/L de O<sub>2</sub> reducido a 4.62 mg/L y en DQO inicial de 46.23 mg/L de O<sub>2</sub> reducido a 0.07 mg/L de O<sub>2</sub>. También se comparó con las plantas de Jacinto acuático, exponiendo la disminución

de materia orgánica es menor siendo DBO5 inicial 12.80 mg/L de O<sub>2</sub> reduciéndose a 11.80 mg/L de O<sub>2</sub> y en DQO inicial de 46.23 mg/L de O<sub>2</sub> a 0.07 mg/L de O<sub>2</sub>.

*Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domésticas utilizando un biofiltro con Eisenia foetida y un biofiltro convencional – Loro Campos, Ana Cecilia – Universidad Científica del Sur – Lima, 2018.*

Conclusiones: El objetivo de la investigación fue determinar la eficacia del biofiltro con Eisenia foetida y un biofiltro convencional, ambos para remoción de los parámetros a estudiar, los cuales son turbiedad, sólidos suspendidos totales (SST), aceites & grasas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y Coliformes termotolerantes, este sistema considerado como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas con la finalidad de ser utilizados para riego de vegetales (Subcategoría D1, Categoría 3 DS N° 015-2015-MINAM). Para este proceso se aplicaron dos biofiltros, el primero con E. foetida deparando en 5 estratos, el segundo uno convencional con 3 estratos, ambos biofiltros fueron alimentados constantemente en continuo flujo de agua residual doméstica, proporcionado por el Centro de Investigación de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos (CITRAR) de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se realizaron análisis durante cuatro meses demostrando en los resultados que el biofiltro con E. foetida resultó ser eficiente en la remoción de turbiedad 80.36 – 89%, SST 40%, aceites & grasas 45.95 - 89.69%, DBO5 65 – 88.57% y coliformes termotolerantes 99.97 – 99.99%. Mientras tanto en el biofiltro convencional los resultados fueron turbiedad 95 – 99%, SST 54.27 – 75%, aceites & grasas 88.11 – 89.69%, DBO5 94.17 – 95.83% y coliformes termotolerantes 99.99%. Al finalizar se determinó que el segundo biofiltro (convencional) demostró mayor eficiencia en la remoción de los parámetros evaluados respecto al primer biofiltro (E. foetida). El biofiltro con E. foetida es rentable ya que genera subproductos y estos pueden ser vendidos, mientras que el biofiltro convencional presentó una biopelícula (lodos) los cuales requieren un posterior tratamiento.

Por último antecedentes locales.

*Determinación de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en los sistemas del C.P. de Huacoto y de la margen derecha del distrito de Saylla – Merino Yépez, Milton Robert & Amador Challco, Hugo Camilo – Universidad Andina del Cusco – Cusco, 2019.*

Conclusión: La investigación cuantificara y determinara la eficiencia de los sistemas de tratamientos de aguas residuales, se evaluara la remoción de contaminantes en parámetros conocidos por normativa peruana, evaluando las cargas de ingreso y salida del sistema estudiado, la micro cuenca del Rio Huacoto y Subcuenca del Rio Huatanay, esta investigación es importante para la recuperación de los recursos hídricos, obteniendo valores cuantitativos verificando la eficiencia del sistema.

**MARCO HISTÓRICO. Lombricultura.** De acuerdo al autor, desde hace ya más de tres mil años Antes de Cristo (a.C.) los Sumerios, conocidos por ser una de las primeros pueblos que dejaron de ser nómades, además de ser una civilización con adelantos agrícolas, ellos dieron gran importancia a los organismos que habitan el suelo, especialmente las lombrices, se dieron cuenta que ellas mejoraban la calidad de los suelos para cultivar, basándose en la densidad y porosidad que daban a la tierra cuando eran excavadas. (Mejía, 1993).

“En el antiguo Egipto se consideraba a la lombriz como animal enormemente valioso (...) se tenían previstos castigos muy rigurosos, incluso la pena de muerte para quien intentare exportar fuera del reino una sola lombriz” (Mejía, 1993)

Según (Mejía, 1993) el famoso biólogo Charles Darwin fue uno de los pioneros en realizar estudios profundos sobre la lombricultura, las nociones sobre habitas y los sistemas de reproducción de las lombrices, estos estudios datan del año 1837.

(Schuldt, 1994, págs. 63-67) Nos indica que la lombricultura posibilita la transformación de productos naturales orgánicos, en compuestos aprovechables como el lombricompuesto, producto biorregulador que sirve de abono, el trabajo de las lombrices es eficiente cuando existe una mayor población, pues aceleran su digestión.

**Aguas residuales.** De acuerdo a la referencia tomada por (We are Water, 2017), cuando éramos cazadores y recolectores entonces vivíamos en un mundo en el que todo era renovable, esto antes del periodo neolítico. El agua fluía libre en manantiales y arroyos, los asentamientos solo precisaban tener acceso una fuente de agua cercana, hacíamos uso de los recursos proporcionados por la naturaleza, a cambio devolvíamos nuestros desechos como orina y heces con un poco cantidad de huesos, cascara de frutos, estas se incorporaban al ciclo de la naturaleza; pero, todo dio un cambio radical cuando el humano se hizo productor y comerciante, hacia el 8500 a.C. los métodos productivos se centraron en núcleos de poblaciones: ciudades con alta densidad demográfica con comercio, con poderío político, producción artesanal y por

supuesto desechos (heces). Siendo la primera disposición el pozo ciego, conocido también como pozo negro, en Babilonia hacia 4000 a.C. esta instalación consta de una simple excavación donde se concentran las excretas, este sistema se replicó a muchas otras urbes del imperio y a zonas rurales. Como los babilónicos ya habían desarrollado conocimiento en hidráulica, aplicaron estos conocimientos a la conducción y disposición de las heces generadas mediante baldeo o las primeras tuberías de arcilla hacia los pozos negros. Resultando las aguas negras, estas que serían después inseparables compañeras en la civilización hasta nuestros días. La tecnología que se asocia para tratar con ellas es el saneamiento.

Es importante mencionar que el Imperio Romano, evolucionó la concepción de higiene e impusieron nuevas normas para poder separar las aguas negras que generaba la población, mediante alcantarillas subterráneas en las calles de la urbe, haciendo posible controlar estas aguas. Ya pasando los años se olvidó esta tecnología y en la época oscura del continente europeo, solo fueron las ciudades árabes quienes instauraron normas de saneamiento con el objetivo de mantener separados los tres tipos de aguas generadas conocidas que son pluviales, las grises y las fecales, según (We are Water, 2017)

### **MARCO CONCEPTUAL. La subcuenca del Rio Huatanay.**

Hidrográficamente se ubica de la siguiente manera:

- Vertiente: Atlántico
- Cuenca: Vilcanota
- Subcuenca: Huatanay
- Microcuencas: 17 microcuencas

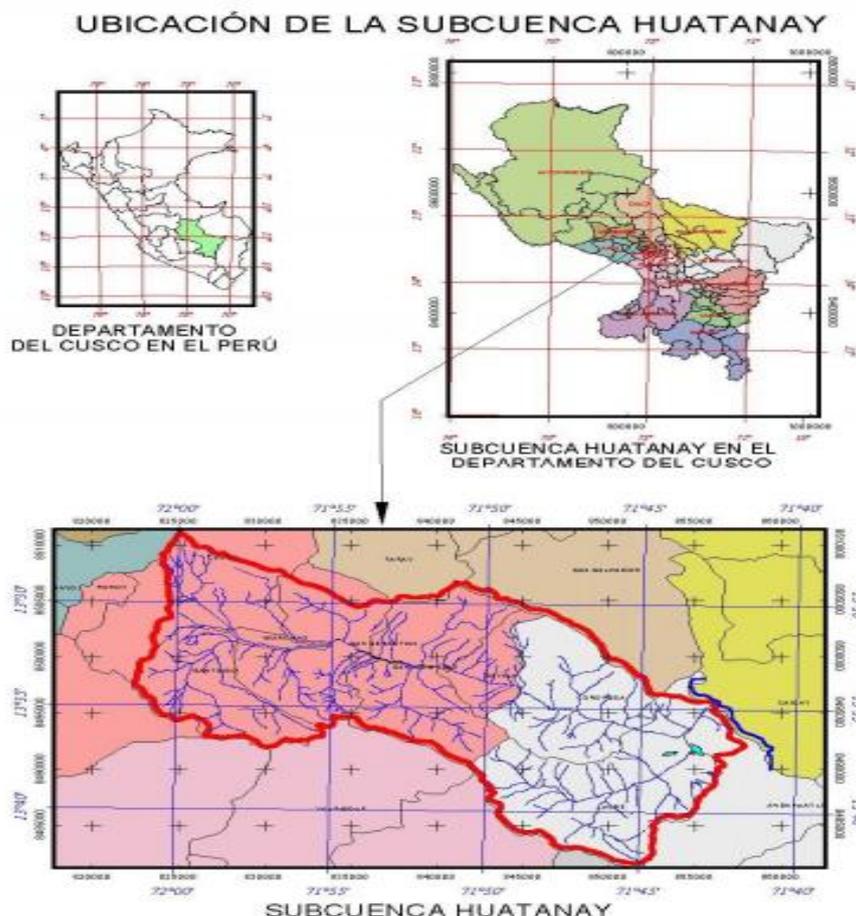
Inicia en la confluencia de los Ríos Chocco-Huancaro hasta la desembocadura del rio Huatanay en el rio Vilcanota en la localidad de Huambutío. Políticamente se encuentra en las jurisdicciones político administrativo:

- Provincias: Cusco – Quispicanchi
- Distritos: Santiago, San Jerónimo, San Sebastián, Wanchaq, Saylla, Oropesa y Lucre. (GORECUSCO & IMA, 2011)

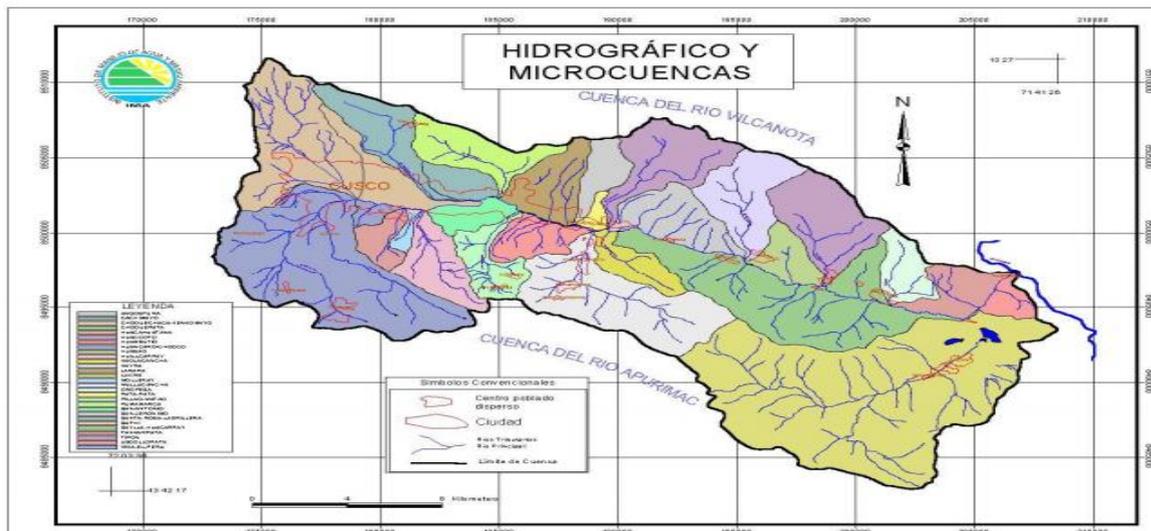
La subcuenca del Rio Huatanay tiene un área aproximada de 502.18 Km<sup>2</sup> y su longitud es de 38 Km, la ciudad del Cusco es una zona de unión de varias microcuencas y el nacimiento del Rio Huatanay. El rio principal de la ciudad, el Rio Huatanay tiene ciertas características fisiográficas, estas propias de lechos de rio con

un cauce irregular y sinuoso, predominando en la margen izquierda de su recorrido material de arrastre junto con desmonte esto producto de la expansión urbana, por la explosión demográfica; pero, en la margen derecha presenta áreas con pendientes pronunciadas en las que se instalaron viviendas precarias, algunas ubicadas a orillas del río estando expuestas a inundaciones en crecida de río indica (Mendivil Riveros, 2002).

(Mendivil Riveros, 2002) Nos explica, que el curso de las aguas del Río Huatanay no es controlada en épocas de crecidas que son de enero a marzo, pero se estima que es de 100 m<sup>3</sup>/s, pues provoca desastres al desbordarse originando inundaciones en las viviendas ubicadas en su rívera, un factor importante es la contaminación, la gente arroja residuos sólidos, desmonte de construcciones, residuos líquidos, entre otros, pues se estima que reciba aproximadamente un 20 % del total de la basura que se produce en la ciudad.



**Ilustración 1 Sub Cuenca Río Huatanay FUENTE: (Mendivil Riveros, 2002)**



**Ilustración 2 Mapa Hidrográfico y Microcuencas. FUENTE: (Mendivil Riveros, 2002)**

**La Contaminación Acuática.** Todos los océanos y mares que nos rodean a través de los años se convirtieron en grandes vertederos de plásticos, esta situación se agrava cada año con consecuencias directas que afectan la calidad de vida de los animales y las plantas que los habitan. Tomaron la denominación de “océanos de plástico” pues se estima que existe 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plástico llegando a los océanos cada año, se estima que cada segundo la cantidad de plástico y basura que van a parar en los océanos son más de 200 kilogramos, por consecuencia de las actividades antrópicas, según (NationalGeographic, 2017).

Existen 4 tipos de micro plásticos contaminando el mar, estos son polietileno, poliéster, polipropileno y cloruro de polivinilo, es lamentable que lleguen a parar en los océanos cuando debieron estar dispuestos en rellenos sanitarios, ser incinerados o reciclados, muchos de ellos primero estuvieron en ríos que desembocaron en el mar. (NationalGeographic, 2017)

No solo son los plásticos los que contaminan el mar, también los pesticidas, herbicidas y demás productos químicos usados en la agricultura, las actividades de explotaciones ganaderas, las industrias textiles con los químicos y metales pesados de los tintes contaminan primero ríos, lagos y después mares. (NationalGeographic, 2017)

Según se refiere (Javier Vazquez, 2017), la contaminación del agua también es a causa de los de la variedad de tipos de vertidos, estos pueden ser: aguas fecales, aguas de proceso y aguas blancas. De estos el primero es un vertido generado por el

aseo, también llamados aguas residuales domésticas y municipales. El segundo es generado por un proceso productivo, ya que la carga contaminante dependerá de las actividades industriales. Por último el tercero se refiere a aquellas aguas crudas, por su carácter antes a la potabilización para que sea consumido masivamente. Es importante resaltar que la contaminación del agua genera graves problemas en los ecosistemas acuáticos y estos corren peligro de desaparecer por el saneamiento básico insuficiente pues también exponen a la población a peligros en su salud.

**Aguas residuales.** La referencia tomada en consideración (OEFA, 2014), indica a las aguas cuyas características originales fueron cambiadas por acciones antrópicas y que por su calidad estas precisan de un tratamiento previo, antes de reusarlas y ser descargadas a un cuerpo acuático o ser vertidas al sistema de alcantarillado y drenaje de la ciudad.

Como dice el autor son tres clasificaciones de las aguas residuales siendo estas aguas residuales de tipo industrial que se generaron durante el desarrollo de un proceso productivo, muchas de estas aguas son las que provienen de actividad agrícola, minera, energética, entre otros. Las aguas residuales domésticas, las constituyen aguas de origen comercial y residencial estas tienen desechos fisiológicos producidos por las actividades antrópicas y deben ser correctamente dispuestas. Las aguas residuales municipales, constituyéndose de aguas residuales domesticas mezcladas con agua de drenaje pluvial o con agua residual de origen industrial previamente tratada, para que sean admitidas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014)

El autor (Ramalho, 1996) presenta cuatro (04) fuentes importantes de aguas residuales: aguas domésticas, aguas residuales industriales y pluviales. Es importante considerar la contaminación debido a usos agrícolas arrastran fertilizantes y pesticidas siendo una de las mayores causas de eutrofización de lagos y pantanos.

**Parámetros físicos:** De acuerdo al autor son los parámetros que dan las características visibles del agua (Manahan, 2007).

- **Temperatura**

Existen diferentes factores naturales que influyen sobre la variación de la temperatura en el agua siendo las estaciones del año, la posición geográfica de la zona, en regiones frías varía de 7°C a 18°C, mientras que en regiones calurosas la variación

es de 13°C a 30 °C. La temperatura propicia para el adecuado desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango de 25°C a 35 °C. (Acuña Marrufo & Reyes Sanchez, 2015).

“resulta de gran relevancia en el desarrollo de los distintos fenómenos que se llevan a cabo en el agua, por ejemplo, en la solubilidad de los gases, el efecto de la viscosidad sobre la sedimentación y en las reacciones biológicas...” según (Lacrampe, 2009).

- **Turbiedad**

Como expresa el autor (Acuña Marrufo & Reyes Sanchez, 2015), la turbiedad se manifiesta mediante la existencia de materia en suspensión de pequeño tamaño en el agua. Este es considerado un parámetro que ayuda a determinar la calidad de aguas naturales o vertidas en relación con el material en suspensión, se lleva a cabo mediante intensidad de luz dispersada en la muestra.

- **Conductividad eléctrica**

Indica la facilidad con que la corriente eléctrica pasa a través del agua, quiere decir que las conductividades elevadas revelan la presencia de concentraciones disueltas. Hoy en día es el parámetro más significativo para poder determinar la posibilidad de usar aguas para riego, se expresa en microbios por centímetro, según indica (Lacrampe, 2009).

- **Color**

De acuerdo a la referencia tomada, la coloración generalmente indica la concentración y composición de aguas residuales a tratar, los colores variando desde el gris al negro de acuerdo a la proporción de materia orgánica que esta posee, esto afecta directamente la difusión de la radiación solar en el medio e incluso puede aumentar la temperatura, (Lacrampe, 2009).

- **Olor**

(Lacrampe, 2009) El olor dice mucho del agua a tratar, se puede diferenciar si con aguas de origen doméstico o industrial, ya que las aguas residuales frescas son generalmente inodoras. En cambio los olores a podrido tales como: el ácido sulfúrico, amoníaco, aminas y mercaptanos u otros productos en descomposición, indicando que dichas aguas ese encuentran en estado de putrefacción.

**Parámetros químicos:** Se determina a través de análisis de laboratorio, es de importancia por el efecto que estos producen sobre los organismos acuáticos.

- **pH**

Se considera al pH como el logaritmo negativo de concentración de iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>). Así mismo el pH o potencial de hidrogeno es aplicado para comprobar si una solución estudiada es acida o básica, pues mide las concentraciones de iones hidrogeno en una solución. El rango es de 0 a 14, valores inferiores a 7 indican aumento de acidez, los que son mayores a 7 indican que es basicidad, mientras que 7 indica neutralidad, según referencia (Acuña Marrufo & Reyes Sanchez, 2015).

- **Sólidos Totales en Suspensión**

(Acuña Marrufo & Reyes Sanchez, 2015) Indica que se encuentran los sólidos totales y sólidos coloidales en suspensión, conformada por partículas orgánicas e inorgánicas inmiscibles, dentro de ella se puede encontrar fibras de plantas algas, protozoarios, bacterias y sólidos biológicos. Como inorgánicos se puede encontrar arcilla, arena y sales.

- **Oxígeno disuelto**

De gran importancia para la presencia y existencia de formas de vida superior, poco soluble en agua y valioso para el control de la calidad del agua. La concentración del oxígeno en cursos de aguas fluyente que presentan una baja concentración varían entre 7 a 10 mg/L, las concentraciones inferiores a 2 mg/L puede tener graves efectos en la vida superior acuática, (Quezada, 2001).

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para poder oxidar el material orgánico biodegradable presente en ambientes aerobios, además nos sirve como indicador del alimento existente para el sistema biológico. Es un parámetro muy empleado para medir y determinar la calidad de aguas residuales (para tratar y/o tratadas) y aguas superficiales. El tiempo de incubación de 5 días. Según la referencia en consideración (Camacho & Ordoñez, 2008).

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

Empleado para calcular la cantidad de materia orgánica presente en aguas residuales, se mide el oxígeno equivalente a través un elemento químicamente fuerte, generalmente dicromato de potasio, en un medio ácido y a elevada temperatura. La DQO es muy beneficioso como parámetro de concentración orgánica para aguas

residuales, su concentración en cuerpos acuáticos no sobrepase los 200 mg/L. se emplea poco tiempo para ejecutar el análisis, de acuerdo a (Paico Revilla, 2017).

**Parámetros biológicos:** Son de fundamental importancia para el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano.

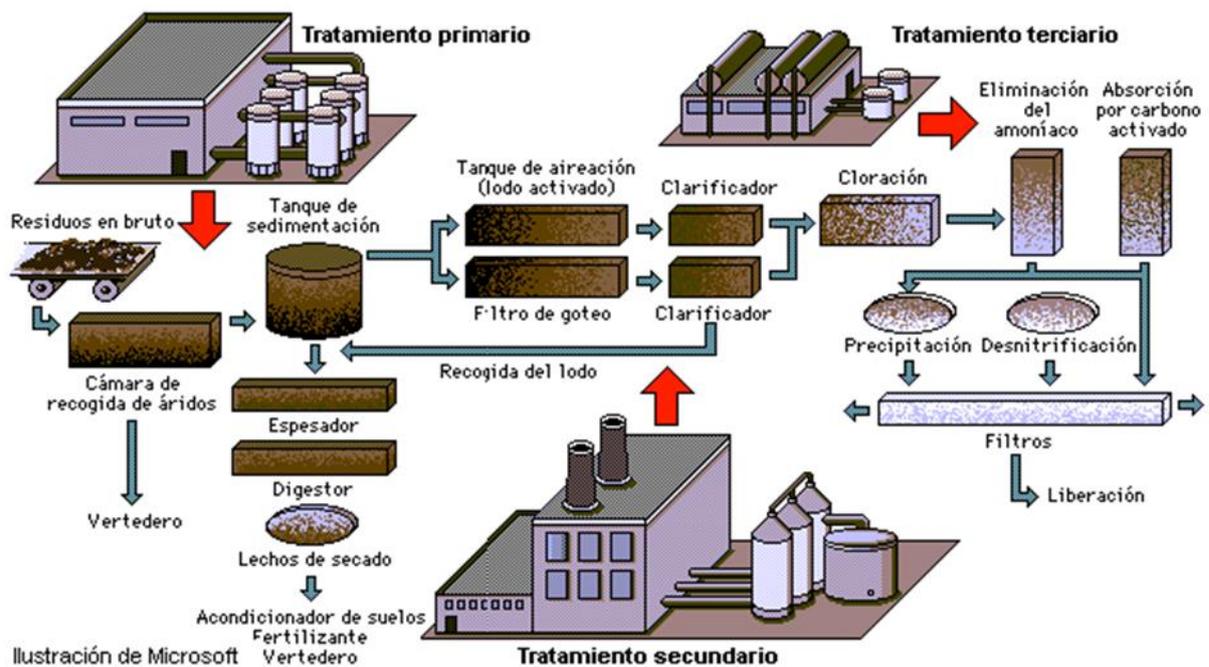
- **Organismos patógenos**

Según expresa el autor (Galvis & Rivera, 2013), en aguas residuales pueden existir, aunque pocos pero complicados de aislar e identificar, es por esto que usa a coliformes como indicadores de polución.

Los más estudiados son coliformes totales, fecales y termotolerantes, para el control de efluentes vertidos a cuerpos acuáticos, para ellos existe una normativa, siendo esta los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes de PTAR indicando los valores para coliformes termotolerantes de 10000 NMP/100ml (D.S. N° 003-2010-MINAM, 2010), y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) no debe exceder el valor de coliformes totales en 5000 NMP/100ml, coliformes fecales debajo de 1000 NMP/100ml. (D.S. N° 015-2015-MINAM, 2015) y coliformes termotolerantes dejado de 1000 NMP/100ml para agua de riego no restringido, 2000 NMP/100ml para agua de riego restringido y 1000 NMP/100ml para bebida de animales (D.S N° 004-2017-MINAM, 2017).

**PTAR SEDACUSCO.** En la ciudad del Cusco la PTAR SEDACUSCO procesa aproximadamente el 81 % de las aguas residuales de origen doméstico, de distritos como: Santiago, San Sebastián, Wanchaq y San Jerónimo, este sistema de alcantarillado consta de 657 km aproximadamente de tuberías de diversos diámetros. (Luna Loayza & Ayma Román, 2018)

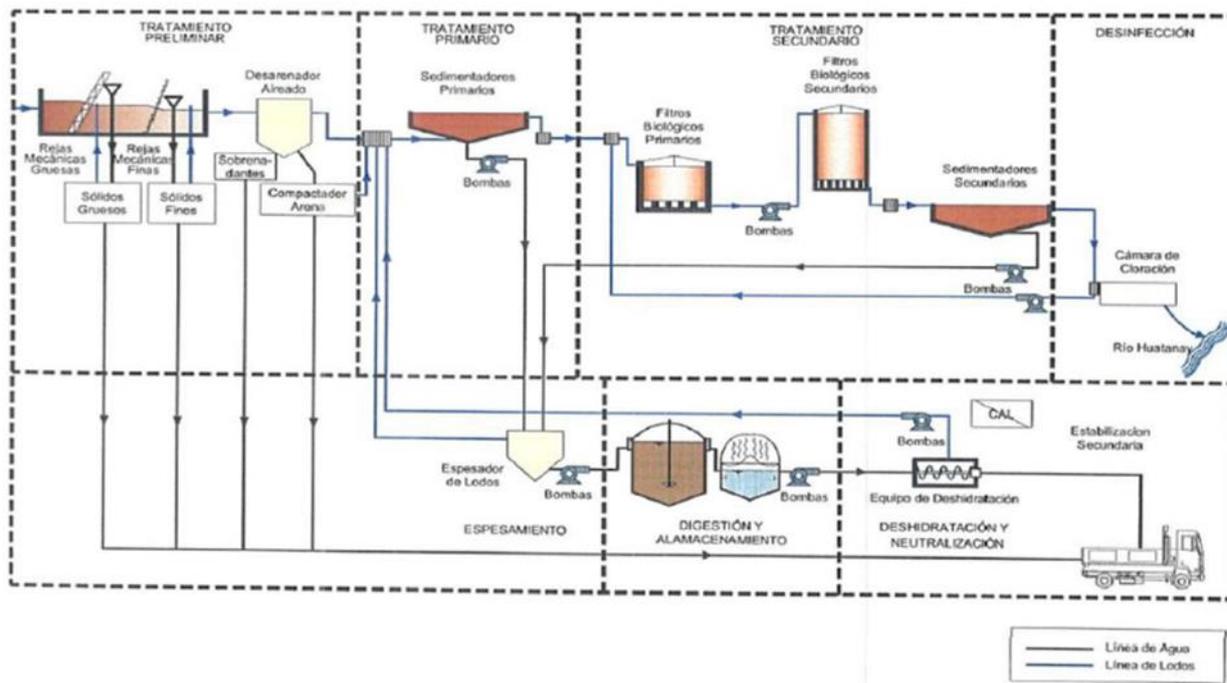
Según los autores (Luna Loayza & Ayma Román, 2018) las principales tuberías en la ciudad del Cusco son el Emisor General de la Ciudad una tubería de concreto reforzado de 0.70 m de diámetro a 0.90 m de diámetro, el segundo es el interceptor del Rio Huatanay siendo una tubería de PVC de 0.70 m de diámetro, estas dos tuberías principales ingresan a la PTAR para ser tratadas, luego los efluentes serán vertidos en el Rio Huatanay luego de ser analizados y cumplir con los estándares de calidad establecidos por MINAM (LMP) y SEDACUSCO.



**Ilustración 3 Diagrama de Tratamiento de Aguas Residuales - Proceso de la PTAR. FUENTE: (SEDACUSCO, s.f.)**

PROCESOS EN LA PTAR SEDACUSCO	
<b>Pre tratamiento</b>	Remoción por desbaste de sólidos flotantes, arenas y grasas.
<b>Tratamiento primario</b>	Sedimentación de los sólidos sedimentables mediante los sedimentadores secundarios.
<b>Tratamiento biológico</b>	Remoción de carga orgánica: DBO5 superior al 65% (salida de sedimentadores primarios). DQO el 80% (salida sedimentadores secundarios)
<b>Desinfección</b>	Compuesto por el sistema de cloración y cámara de contacto de cloro, su función principal es la remoción de carga bacteriana.
<b>Tratamiento de lodos</b>	Desde espesamiento, digestión de los lodos y deshidratación por medio de centrifugas, incluyendo cámaras de bombeo de lodos en los sedimentadores primarios y secundarios.

**Tabla 1 Proceso de la PTAR SEDACUSCO. FUENTE: (SEDACUSCO, s.f.)**



**Ilustración 4 Diagrama Operación de Línea PTAR. FUENTE: (SEDACUSCO, s.f.)**

**Tratamiento de aguas residuales.** Puede variar dependiendo al uso que se le dará según (Manahan, 2007):

- Depuración del agua para uso doméstico.
- Tratamiento de aguas residuales para su posterior incorporación en ciclos Industriales especializados.
- Tratamiento de aguas residuales para su vertido en cuerpos acuáticos mayores o reutilización en distintas actividades.

Tratamiento preliminar, que busca eliminar residuos de tamaño considerables para proteger las instalaciones de las plantas y efectivizar de este modo el proceso.

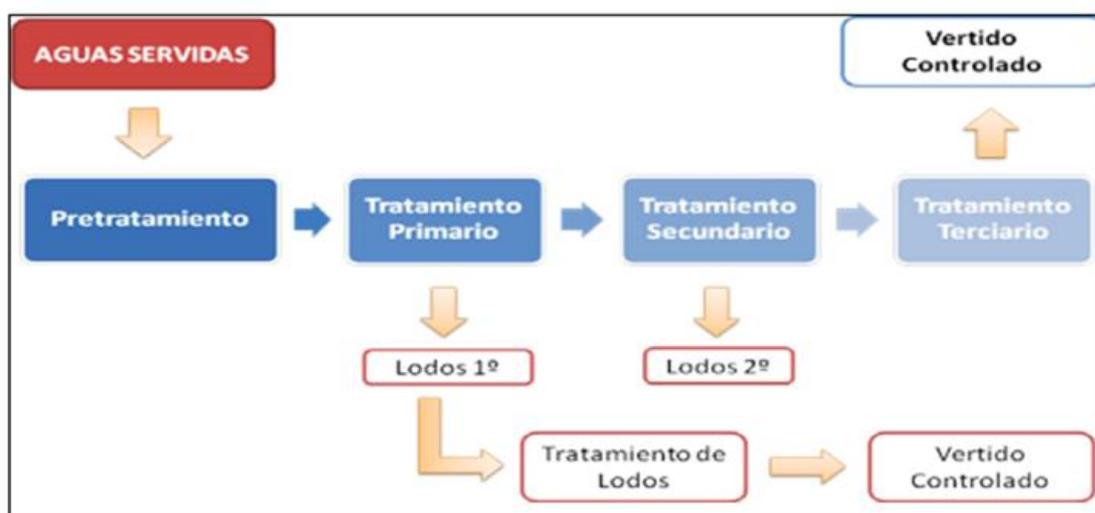
PROCESO	OBJETIVO
<b>Rejas o tamices</b>	Eliminación de solidos gruesos
<b>Trituradores</b>	Desmenuzamiento de solidos
<b>Desarenadores</b>	Eliminación de arena y gravilla
<b>Desengrasadores</b>	Eliminación de aceites y grasas
<b>Pre aireación</b>	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

**Tabla 2 Objetivos del Pre-tratamiento. FUENTE: (Orozco, 2005)**

El tratamiento primario se realiza por mecanismos físicos donde se busca eliminar la mayor parte del material flotante o sedimentable, este primer tratamiento incluye sedimentación primaria, flotación, precipitación química filtros gruesos y oxidación química.

El tratamiento secundario hace uso de procesos biológicos, consiste en la reducción de compuestos orgánicos del agua residual que proviene del tratamiento primario. Este desarrollo convierte toda la materia orgánica en sólidos sedimentables. Este proceso incluye filtración biológica, lodos activados, lagunas, entre otros.

Y finalmente el tratamiento terciario es un proceso realizado sobre el efluente proveniente del tratamiento secundario, teniendo por objetivo lograr la reducción de carga contaminante y lograr efluentes más puros. (Orozco, 2005).

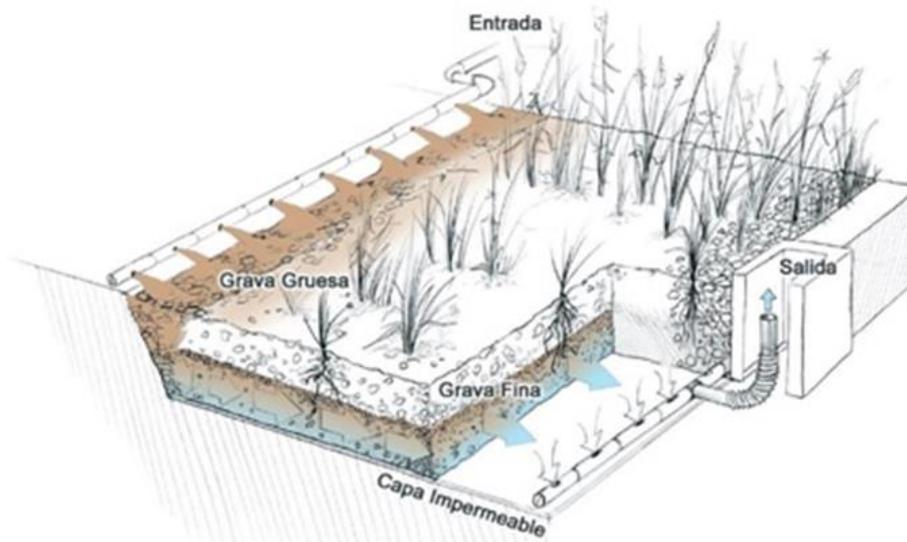


**Ilustración 5 Secuencia del Tratamiento. FUENTE: (Orozco, 2005).**

### Otros tratamientos de aguas residuales.

**Humedales Artificiales.** Es un sistema denominado tratamiento natural de aguas residuales, pues el uso de humedales artificiales presenta costos accesibles de inversión, operacionalización y mantenimiento. Se ha demostrado que son eficaces en la sustracción de materia orgánica asimilando y asimilando los nutrientes, a su vez eliminando los tóxicos. El autor nos indica que el humedal es una zona inundada por aguas superficiales o subterráneas, con frecuencia, duración y profundidad suficiente para que se mantengan especies de plantas adaptadas a crecer en zonas saturadas de agua. Este tratamiento tiene un beneficio agregado pues las aguas estabilizadas del humedal aportan nutrientes para el sostenimiento de flora y fauna. (Arias Isaza, 2005). Las plantas que se utiliza para este tratamiento son las del grupo de necrófilas

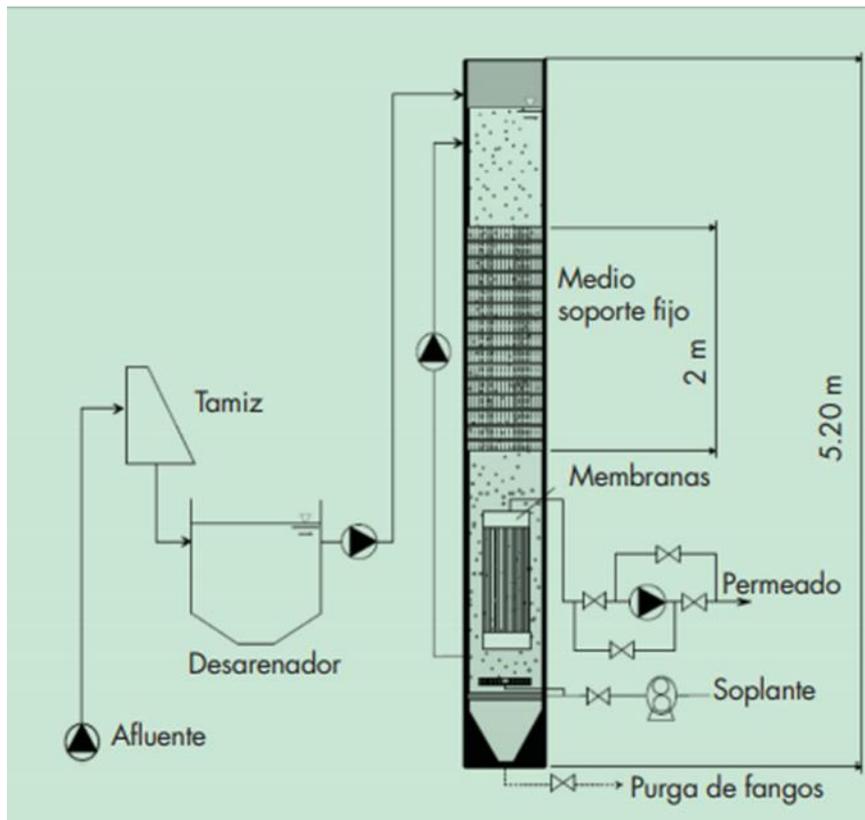
emergentes pues resisten condiciones ambientales adversas, el flujo del agua es horizontal para ser evacuada por el extremo opuesto del lecho. (Arias Isaza, 2005)



**Ilustración 6 Esquema General de Funcionamiento de un Humedal Artificial.**  
**FUENTE: (Shi, Zhang, Liu, Zhu, & Xu, 2015)**

**Bioprocesamiento y Bioadsorción.** En el primer caso “se emplean cepas de microorganismos especializados en tratar agentes concretos, estos pueden ser compuestos de fósforo, nitrógeno y azufre (...) En el segundo caso puede reemplazar los métodos fisicoquímicos como la precipitación, adsorción o intercambio iónico en el proceso de captar iones de metales pesados” (Gil Pulido, 2012).

**Biopelículas para la depuración de aguas residuales.** La purificación biológica de aguas residuales radica en eliminar la mayor contaminación degradable por una biocenosis, esta agrupación puede encontrarse en suspensión en el agua o adheridas a soportes (biopelícula), estos se componen de flóculos biológicos de reducido tamaño que los sustratos disueltos están a su disposición, estos sustratos deben pasar una capa líquida estancada en la superficie de la biopelícula hasta la zona en la que serán consumidos. Según (Tejero Monzón, Esteban Garcia, & De Florio, 2012). Como explican (Tejero Monzón, Esteban Garcia, & De Florio, 2012) existen diferentes criterios de clasificación para reactores de biopelícula, estos son según el tipo de soporte o material (fijo, giratorio o móvil), combinación de fangos activos (reactores híbridos) o no (reactores de biopelícula puros).



**Ilustración 7 Biopelícula, Prototipo de Planta. FUENTE: (Tejero Monzón, Esteban Garcia, & De Florio, 2012).**

**LOMBRICULTURA.** Es una práctica conocida desde tiempos inmemoriales, la lombriz es conocida como un animal ecológico pues es transformador de residuos a humus de buena calidad, que luego regresa al suelo revitalizándolo, según (Martines Cerdas, 1996).

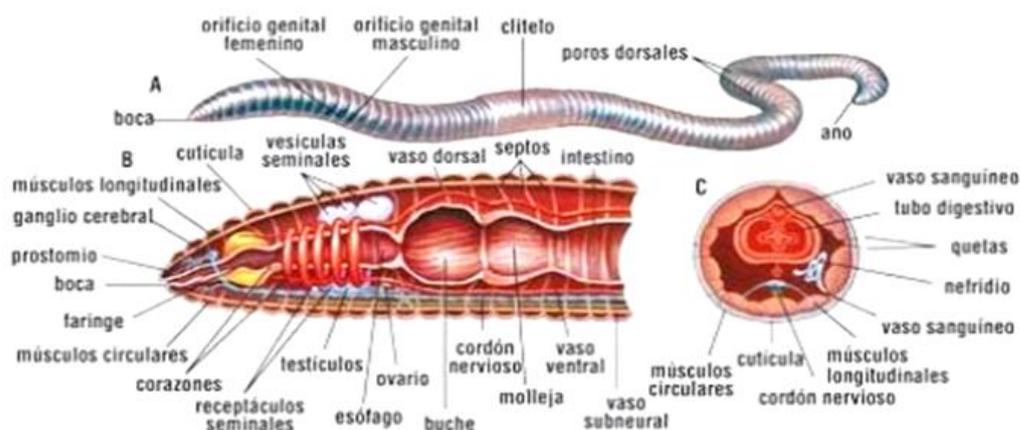
Actualmente se conocen unas 8000 variedades de lombrices, de las cuales fueron estudiadas y clasificadas 3500, de esta cantidad una pequeña parte fueron domesticadas y adaptadas para criadero, una de las especies que fue domesticada exitosamente fue la *Eisenia foetida* adaptándose fácilmente a variaciones climáticas. (Mejía, 1993)

**Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*).** La referencia toma en consideración indica que esta lombriz de tierra se caracteriza por tener un color que varía entre rojo a rosado, su tamaño varía de los 7 a 12 cm, alcanzan una madurez sexual a las 10 o 12 semanas, considerándose adultas a los 6 meses, acelerando su reproducción, el peso que poseen es de 1 a 2.5 gr, se desarrollan en temperaturas optimas de 25°C, con un pH ideal de 6.5 a 7.5 y una humedad de 70% a 80%

La lombriz *E. foetida* tiene las siguientes características taxonómicas.

- Reino: Animal
- Sub.Reino: Metazoos
- Tipo: Anélido
- Phylum: Protostomia
- Clase: Anélido
- Orden: Oligochaeta
- Familia: Lumbricidae
- Género: Eisenia
- Especie: foetida

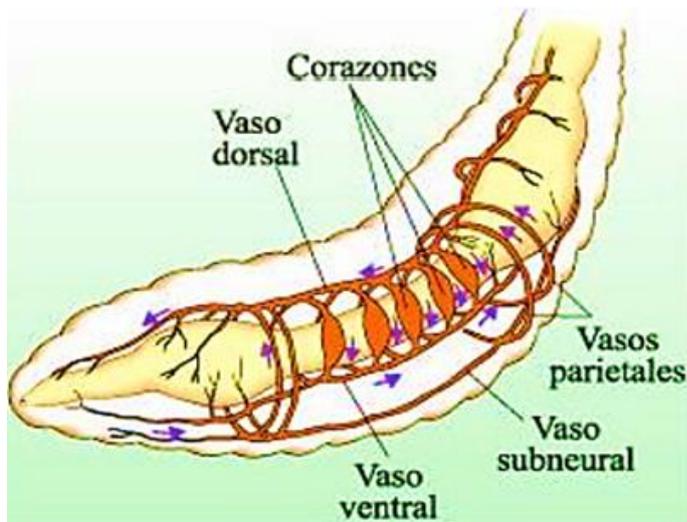
Tiene forma cilíndrica, con secciones cuadrangulares, varían el número de segmentos que poseen entre 80 a 175 anillos. Esta especie puede llegar a comer de 4 a 7 veces al día, por ello es necesario mantener alto contenido de materia orgánica en el lecho, (Martines Cerdas, 1996).



**Ilustración 8 Composición interna de la Eisenia foetida. FUENTE: (Martines Cerdas, 1996)**

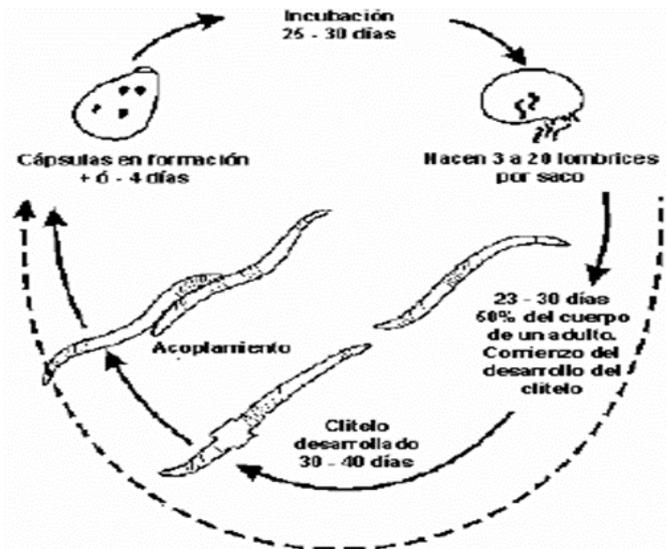
**Características morfológicas.** Como indica (Mejía, 1993), esta lombriz tiene simetría bilateral, es de color rojizo, tiene aproximadamente 95 anillos, la boca tiene un anillo sin dientes ni mandíbulas, no es capaz de moler sus alimentos y los ingiere por succión, posee una pared exterior que recubre la epidermis como protección, también posee glándulas en todos sus anillos estos secretan mucus, permitiendo humedad y flexibilidad. El clitelo, órgano que cumple las funciones reproductivas, está ubicado entre los anillos número 32 y 37, posee una abertura oval por la cual excreta el material.

Además de poseer 6 riñones, 5 corazones y 182 aparatos excretores; respira a través de la piel, puesto que carece de pulmones, por eso es muy importante la humedad del lecho en que se encuentran, la cabeza no cuenta con palpos y ojos; pero, aun así son demasiado sensitivos a la luz. Los rayos UV pueden matarla en unos cuantos segundos. En cada metámero se ubica un corazón y dos riñones, en caso la lombriz se parta en dos, la parte anterior sobrevive.



**Ilustración 9 Sistema Circulatorio de la Eisenia foetida. FUENTE: (Mejía, 1993)**

En la etapa de reproducción es importante el clitelo, se encarga de segregar un líquido por la glándula con la finalidad de proteger los huevos, un mecanismo de supervivencia. La lombriz es hermafrodita; sin embargo necesita aparearse para reproducirse. Como posee aparato genital masculino integrado por los testículos estos secretan esperma, el aparato femenino los toma y almacena hasta el momento de la fecundación, en este momento giran en sentido contrario la una de la otra para que ambos aparatos estén en contacto. Las lombrices emergen después de una incubación de 14 a 21 días, según (Mejía, 1993).



**Ilustración 10 Ciclo Reproductivo de la Eisenia foetida. FUENTE: (Tineo, 1994)**

**Cualidades de la Eisenia foetida.** Se debe tener en consideración que no todas las especies de lombrices existentes son idóneas para la cría, sin embargo, esta especie Eisenia foetida no solo es la que mejor se adapta en cautiverio, también cuenta con características que la hacen muy útil como son su longevidad, pues se calcula que viven alrededor de 15 a 16 años y no transmite ni contrae enfermedades. Esta lombriz come su propio peso y expele el 80% transformado en humus, el 20% restante en respiración, síntesis celular y otros procesos vitales, según (Acuña Marrufo & Reyes Sanchez, 2015).

**Condiciones favorables de habitat.** (Tineo, 1994) Define a condiciones favorables de gran importancia para el desarrollo normal de la lombriz a: temperatura entre los 15 y 24 °C, preferentemente la que se acerque a su temperatura corporal (20°C), pH entre 6.5 - 7.5, materia orgánica, baja luminosidad, humedad entre 70% y 80% considerar la humedad como un factor importante puesto que influye en la reproducción de estas. Se puede comprobar el porcentaje de humeado manualmente sosteniendo una cantidad del sustrato con el puño de la mano, aplicar fuerza y si desprende entre 8 a 10 gotas se entiende que la humedad está en 80%, sea en caso de no contar con un medidor de humedad.

Así como la humedad es importante, lo es también la temperatura, ya que si no se mantiene la temperatura correcta las lombrices entran en un periodo de letargo, ellas disminuyen su actividad. Mantener un pH óptimo y constante para las lombrices es

sustancial para que desarrollen adecuadamente el proceso. Por último es sumamente importante proteger el lecho habitado por lombrices de posibles depredadores.

**Humus de lombriz.** Este término se refiere a la transformación de compuestos vegetales y animales mediante procesos biológicos, obteniendo como producto final material orgánico y estable. Es el resultado de eyecciones de las mismas lombrices que constituye el 80% de su alimento consumido. Es de aspecto granulado, tono oscuro e inodoro, este humus contiene K, P, Mg, N, Ca y otros micro elementos, de acuerdo (Salazar, 2003)

(Chávez, 1994) Indica, que el humus de lombriz es considerado un abono abundante en microorganismos no patógenos y en enzimas, con aproximadamente 20000 millones de microorganismos por gramo, esto lo convierte en un abono completo.

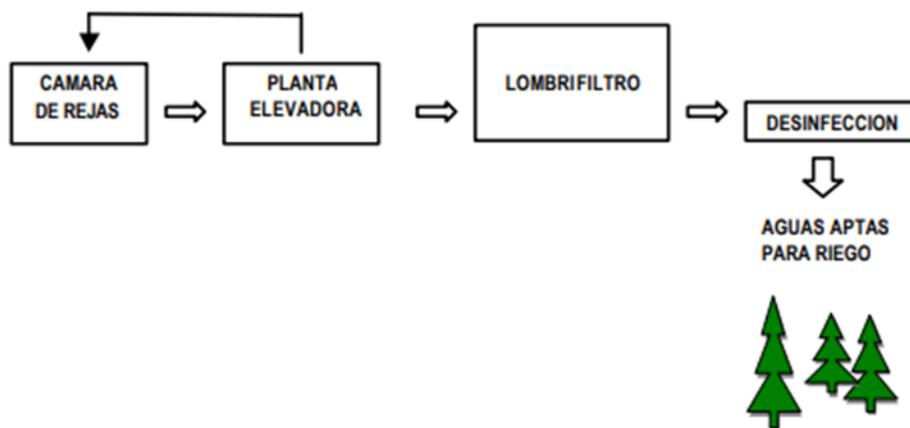
**SISTEMA TOHÁ.** La referencia tomada en consideración, indica que el Sistema Tohá conocido también como Lombrifiltro o “Biofiltro Dinámico Aeróbico” es un sistema de tratamiento de aguas residuales fue creada y desarrollada por el Dr. José Tohá Castellá, en la Universidad de Chile en el laboratorio de Biofísica de la facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, fue patentada por la Fundación para la Transferencia Tecnológica UNTEC (patente N° 40.754). Este sistema funciona de la siguiente manera: un filtro percolador que está compuesto por diferentes estratos filtrantes y también por lombrices (*E. foetida*), recibe el agua residual a tratar, esta se percola por medio de los diferentes lechos filtrantes, quedando retenida la materia orgánica que posteriormente será consumida por las lombrices, (Tohá, 2000).

El Dr. José Tohá a comienzos de los años ´90 desarrollo un sistema de tratamiento de aguas residuales obteniendo su patente el año 2000, esta tecnología no convencional, que cumple con bajos costos de operación haciendo viable su implementación. Es entonces tomando como base los trabajos elaborados en EEUU a fines de la década de los 70 se reveló la eficacia de usar lombrices en los procesos de depuración y estabilización de aguas residuales tanto domesticas como industriales, en los principales estudios usaron las lombrices en el tratamiento de los lodos resultantes del tratamiento de aguas residuales, (Tohá, 2000).

Después de estudios realizados en la actualidad se postula que las lombrices o el uso de estas en el tratamiento de las aguas residuales sí es posible, especialmente en el proceso de oxidación biológica, de esta manera el Dr. José Tohá Castellá acopia experiencias de la aplicación realizadas en la planta de Lufkin, Texas (1981), sobre el

tratamiento de aguas residuales por medio de lombricultura, de esta manera empieza con los trabajos experimentales, naciendo el sistema Tohá, de acuerdo a (A.V.F, 2003).

Este sistema está siendo aplicado en la Antártica, puesto que las actividades humanas generan residuos sólidos y líquidos, los cuales deben ser dispuestos y manejados correctamente para evitar un grave daño al ecosistema antártico, los tratamientos de aguas residuales por método biológico tiene bajos tiempos de respuesta por el desacelerado crecimiento de microorganismos, también se viene aplicando el sistema Tohá, depura más de 37 mil litros por día demostrando ser óptima. (Loyola Lavín, 2015)



**Ilustración 11 Diagrama Sistema Tohá. FUENTE: (Salazar Miranda, 2005)**

Actualmente en Chile funciona este tipo de plantas domiciliarias e industriales, tratando aguas de origen domésticos de residencias privadas, comunidades rurales, municipales, empresas industriales, etc. El uso de este sistema está avalado por el éxito de su tecnología, y está en mercado internacional en países como México y Francia.

El Sistema Tohá es atractivo en el tratamiento de aguas servidas en pequeñas comunidades rurales.

- Cumple con los estándares de calidad de descargas
- Es un proceso rápido pues elimina los vectores de contaminación como moscas y el mal olor
- Económico
- De fácil digestión
- Genera un producto adicional que es el humus, ideal como fertilizante.

Haciendo referencia a (A.V.F, 2003).

**Características del Sistema Tohá.** Este lombrifiltro es una adaptación del sistema tradicional de lombricultura, cría y producción de lombrices. El respectivo tratamiento de residuos mediante este proceso para generar posteriormente abono, llamado humus de lombriz. A oposición de los sistemas habituales de lombricultura, en este lombrifiltro se proporciona el sustrato por medio de las aguas residuales de origen doméstico, pues se percola a través de un medio (lecho) filtrante, en que se encuentran estas lombrices en gran cantidad.

El lombrifiltro se compone, principalmente, por tres capas y lombrices del tipo *Eisenia foetida*, la base filtrante de bolones, sobre el cual se agrega una capa de grava. “la parte superior se cubre con aserrín o viruta de madera sobre el cual se mantiene un alto número de lombrices”. (Quezada, 2001).

La materia orgánica es retenida en el lecho filtrante, la cual es retirada por población de microorganismos y las lombrices adheridas al medio, ellas se encargan de descomponer la materia orgánica utilizándolas como fuente de alimento y energía para sus procesos metabólicos, una pequeña porción pasa a formar parte de su masa corporal. En seguida de ingerir la materia orgánica producen a través de sus eyecciones el llamado humus de lombriz, se considera que cada cierto tiempo pueda ser extraído y aplicado como abono para el suelo. Una de las muchas ventajas de este sistema es que no genera lodos inestables al degradarse los sólidos orgánicos presentes en el agua residual, en comparación con otros procesos, en su lugar se obtiene el humus.

Al circular este fluido contaminado a través de un lecho de arena enriquecido con celulosa, se logra filtrar dejando retenidas aquellas partículas que contaminan.

Como resultado de este proceso, se obtiene fertilizante de suelos humus, destacándose también la obtención de proteínas en el sistema.

Conforme indica (A.V.F, 2003), el tratamiento realizado en el lombrifiltro un tratamiento tipo aeróbico, puesto que la acción de la *Eisenia foetida* ayuda a mantener la permeabilidad del lecho, así se previene la colmatación del mismo, la acción de las lombrices al ingerir el material orgánico retenido en el filtro e integrándolo al suelo en forma de humus, estructura granular del humus de lombriz incrementa la porosidad del medio filtrante y facilita también la oxigenación. Existe periodos en el que el sistema puede detenerse, la capacidad del mismo se mantiene activo, puesto que las lombrices cuentan con la reserva alimenticia del aserrín constituyente en el filtro. Se

caracteriza además por sus reducidos costos operativos, al tener baja exigencia energética, principalmente en la energía utilizada para la activación y funcionamiento de las bombas de planta, elevadora y equipos de desinfección.

No es necesario un área extensa para la instalación, pues el agua residual de 5 personas, requiere 1m<sup>2</sup> de biofiltro para su tratamiento. Posee bajo costo de inversión en obras civiles de construcción e implementación. (Tohá, 2000)

De acuerdo con (A.V.F, 2003) el Sistema Tohá pese a ser un tratamiento biológico se debe resaltar su principal desventaja, es sensible a las variaciones bruscas de carga orgánica y parámetros químicos de agua residual. Estas variaciones no representan un peligro o daño al procedimiento con excepción de aquellas variaciones bruscas de parámetros químicos o descarga de sustancias tóxicas indebidas.

**Parámetros de diseño.** Este diseño se basa en la relación de un balance de masas, primero se considera el número de lombrices que pueden cohabitar por unidad de área, luego se considera la cantidad de materia orgánica que son capaces de ingerir y por último la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho para evitar la muerte de las lombrices por carencia de oxígeno y exceso de agua, todo lo mencionado se representa con las unidades de medida 1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. (A.V.F, 2003).

$$T \text{ riego} = Q/A$$

Es importante conocer el caudal del diseño y asumir la tasa de riego, con ambos datos se puede determinar el área necesaria para el tratamiento requerido.

Se considera también el caudal del sistema tanto de entrada como de salida, se define como el volumen en el que un fluido (agua) pasa por una sección transversal de cauce por unidad de tiempo.

$$Q = \text{Volumen} / \text{Tiempo} \rightarrow Q = m^3/s \leftarrow \text{ó} \rightarrow Q = l/s$$

**Eficiencia del tratamiento.** Conforme indica (Tohá, 2000), el sistema tiene los consecuentes niveles de remoción de contaminantes: 95% DBO, 95% Sólidos Totales, 93% Sólidos Suspendidos Volátiles, 80% Aceites y Grasas, 60% a 80% del Nitrógeno Total, 60% a 70% del Fósforo Total, 99% de Coliformes Fecales. El sistema demostró una alta eficiencia al realizar el proceso.

**Descripción del Sistema Tohá.** De acuerdo a la referencia tomada en consideración (A.V.F, 2003), indica una sección antes que al lombrifiltro, en la cual se encuentra una cámara de rejas, cumpliendo la función de tamizar las aguas servidas, separando aquellos elementos de gran tamaño que no podrían ser eliminados por el proceso, el afluente se detiene por un breve tiempo en la planta elevadora para posteriormente

ser impulsada hacia el lombrifiltro, en el fondo de la piscina de almacenamiento se encuentra una bomba la cual funciona con un sensor de nivel para evitar derrames y accidentes innecesarios, el cual inicia con las partidas de la bomba elevando el caudal del agua afluyente al módulo de lombrifiltro. La cámara elevadora cumple también como cámara de rejillas.

El lombrifiltro con profundidad mínima de 1m, de ancho y largo dependerá del diseño. El agua es regada por sistema de aspersión para dosificar de flujo, sobre el lecho compuesto por diferentes estratos.

La materia orgánica presente en el agua se consume por las lombrices del sistema, oxidándola a agua y anhídrido carbónico, incorporando una parte menor de ella a su masa corporal de las lombrices y el resto a convertirse en humus.

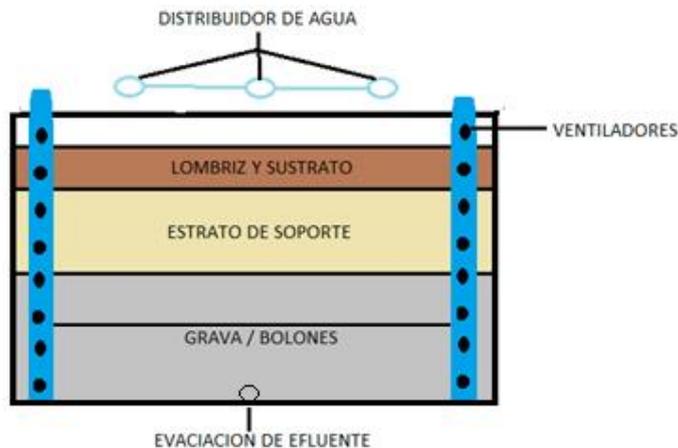
Desde que el agua pasa sobre el filtro y sale del sistema, el tiempo que transcurren son 40 minutos, tiempo corto para que emane olores. Finalmente el efluente del lombrifiltro es derivado a una cámara de desinfección por medio de rayos UV, ya con el resultado se verifica que cumplan con los estándares de calidad ambiental y procedemos a darle diferentes usos.

**Lombrifiltro.** El medio filtrante se constituirá por una capa de 2 cm de grosor teóricamente, cual estará la Eisenia foetida con su lecho, el estrato soporte está conformado por: el segundo estrato capa aserrín (debajo del lecho), seguidamente de ripio y por último bolones, según (Mejía, 1993).

La primera capa de 20 cm de espesor, formando la franja activa de la lombriz, también sirve como alimento en el ocasional caso que la carga orgánica del afluyente sea insuficiente. La segunda capa de 7 cm conformada por arena, la tercera capa de 8 cm compuesta por grava de 20 mm a 40 mm y por último la cuarta capa con un espesor 11 cm conformada de grava de entre 60 mm aproximadamente, las gravas de mayor tamaño son colocadas en la parte inferior del tanque y las de menor tamaño en la parte superior, este estrato se destina al drenaje y aireación que requiere el sistema, en las piedras se llega a formar flora bacteriana que digiere la materia orgánica que pasa por ella.

Entre los dos primeros estratos se coloca una malla separadora Raschel de 80% para retener el estrato conformado por lombrices y aserrín. El piso o base del filtro cuenta con una pendiente de 1% para facilitar la fluidez del agua hacia la canaleta de evacuación.

En el perímetro interno del lombrifiltro se instalan dos tubos de PVC de 2" diámetro, cuáles se colocan de manera vertical, sobresaliendo 10 cm del lecho filtrante, la parte sobresaliente del tubo se perforan orificios (5mm) esto para permitir la aireación del fondo.



**Ilustración 12 Esquema Lombrifiltro. FUENTE: Elaboración propia.**

### **LEGISLACIÓN AMBIENTAL. Código Penal.**

**El Artículo 304:** Establece que el que infringe o contamine el medio ambiente vertiendo residuos líquidos, sólidos, gaseosos por encima de los Límites Máximos Permisibles y que causen o puedan causar perjuicio en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos merecen pena privativa de libertad menor de 3 años o multas. (DL N°365, 1991).

### **Ley General de Salud.**

**Artículo 104:** Establece que toda persona tiene prohibida realizar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, aire o suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración pertinentes en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente. (Ley N° 26842, 1997).

**Artículo 107:** Establece que el abastecimiento de agua, servicios de alcantarillado, disposición adecuada de excretas y el rehúso de aguas servidas le competen a la Autoridad de Salud esta vigilará el cumplimiento de las disposiciones. (Ley N° 26842, 1997).

**Ley Orgánica de Municipalidades.** Esta ley, establece, entre muchas otras funciones generales, que las acciones de las Municipalidades deben estar enfocadas satisfacer las necesidades vitales de los ciudadanos en un ambiente adecuado (Art. 10º), del Título Preliminar; de la misma forma, se establece que las municipalidades

y que los Gobiernos Locales promuevan el desarrollo integral, para viabilizar la sostenibilidad ambiental, el crecimiento económico y la justicia social. (Ley N° 29972, 2003).

**Artículo. 80: De Saneamiento, Salubridad y Salud:** Indica que las municipalidades ejercen funciones específicas, como son la regulación y control del proceso de disposición final de desechos, vertimientos industriales en el ámbito provincial, emisión de humos, gases, ruidos y demás contaminantes atmosféricos, proveer el servicio de saneamiento rural, gestionar atención primaria de salud. (Ley N° 29972, 2003).

### **Ley General del Ambiente.**

**Artículo 1: Del Derecho y Deber Fundamental:** Indica que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, debe contribuir con una adecuada gestión ambiental para la protección del medio ambiente, asegurando la conservación biológica y el aprovechamiento sostenible de todos los recursos naturales (Ley N°28611, 2005).

Artículo 31: Del Estándar de calidad ambiental:

**31.1** En el artículo define como medida que establece el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (...) (Ley N°28611, 2005).

**31.2** ECA es de carácter obligatorio para diseñar las normas legales y políticas públicas. (Ley N°28611, 2005)

**31.4** Ninguna autoridad debe aplicar ECA para sancionar a personas jurídicas, a menos que se demuestre su culpabilidad en su actuación. (Ley N°28611, 2005)

**Artículo 121: del vertimiento de aguas residuales:** El estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes. (Ley N°28611, 2005).

**Artículo 122.- del tratamiento de residuos líquidos: 122.1** Indica que corresponde a las entidades responsables por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

**122.2** El sector vivienda, construcción y saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

**122.3** Las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas o productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin d reducir sus niveles de contaminación hasta niveles de compatibles con los LMP, los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes. El manejo de las aguas residuales o servidas de origen industrial puede ser efectuado directamente por el generador, a través del tercero debidamente autorizado o a través de las entidades responsables de los servicios de saneamiento, con sujeción al marco legal vigente sobre la materia, según la referencia tomada por (Ley N°28611, 2005).

**Ley N° 29338 Ley de Recursos Hídricos.** Esta ley aplica a uso y gestión de los recursos hídricos comprendiendo aguas superficiales, subterráneas, continentales y los bienes asociados a estas.

**Artículo 15°.- Funciones de la Autoridad Nacional:** Menciona como principales funciones a la elaboración de políticas nacionales de recursos hídricos, supervisando su ejecución, se establece también lineamientos para formulación y actualización de planes de gestión, se propone normas legales para establecer procedimientos asegurando su gestión integral y sostenible, determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua, valores que deben ser aprobados por decreto supremo; así como aprobar las tarifas por uso de la infraestructura hidráulica, propuestas por los operadores hidráulicos. (Ley N° 29338, 2009).

**Artículo 75°.- Protección del Agua:** Establece que la autoridad nacional debe velar por la protección del agua, se sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a esta, fiscalización para prevenir y combatir los efectos de contaminación del mar, ríos y lagos, declarando zonas intangibles en las que no se otorga ningún derecho de uso o disposición de vertimiento de agua.

**Artículo 76°.- Vigilancia y fiscalización del agua:** La autoridad nacional en coordinación con el concejo de Cuenca, en el lugar y el estado físico en que se encuentre el agua, sea en sus cauces naturales o artificiales, controla, supervisa, fiscaliza el cumplimiento de las normas de calidad ambiental del agua sobre la base de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y las disposiciones y programas para su implementación establecidos por autoridad del ambiente. También establece medidas para prevenir, controlar y remediar la contaminación del agua y los bienes asociados a esta. Asimismo, implementar actividades de vigilancia u monitoreo sobre todo en las cuencas donde existan actividades que pongan en riesgo la calidad o cantidad del recurso. (Ley N° 29338, 2009).

**Artículo 79°.- Vertimiento de agua residual:** La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los ECA- Agua y LMP. Quedando prohibido todo vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización. En caso que el vertimiento del agua residual tratada pueda afectar la calidad cuerpo receptor, la vida acuática asociada a este o sus bienes asociados, según los estándares de calidad establecidos o estudios específicos realizados y sustentados científicamente, la Autoridad Nacional debe disponer las medidas adicionales que hagan desaparecer o disminuyan el riesgo de la calidad del agua, puedan incluir tecnologías. En caso de que el vertimiento afecte la salud o modo de vida de la población la Autoridad Nacional suspende inmediatamente las autorizaciones otorgadas. Corresponde a la autoridad sectorial competente la autorización y el control de las descargas de agua residual a los sistemas de drenaje urbano o alcantarillado. (Ley N° 29338, 2009).

**Artículo 82°.- Reutilización de agua residual:** La Autoridad Nacional, a través del Concejo de Cuenca, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional. El titular de una licencia de uso de agua está facultado para reutilizar el agua residual que genere siempre que se trate de los mismos fines para los cuales se otorga la licencia. (Ley N° 29338, 2009).

**Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Aprueban las modificaciones de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.**

Los ECA aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental. En la siguiente tabla se observan los parámetros para riego de vegetales y animales del estándar nacional de calidad ambiental para el agua. (D.S. N° 015-2015-MINAM, 2015).

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARAMETRO	UNIDAD	Parámetros para riego de vegetales	Parámetro para bebida de animales.
		D1: riego de cultivos de tallo alto y bajo	D2: bebida de animales
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Pt/Co	100 (a)	100 (b)
Conductividad	uS/cm	2500	5000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	15	15
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2	0,5
Fenoles	mg/L	0,002	0,01
Fluoruros	mg/L	1	**
Nitratos + Nitritos	mg/L	100	100
Nitritos	mg/L	10	10
Potencial de hidrogeno (pH)	mg/L	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3

**Tabla 3 ECA Categoría 3 (DS N° 015-2015-MINAM) Físicos - Químicos. FUENTE: Diario Oficial El Peruano**

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARAMETRO	UNIDAD	Parámetros para riego de vegetales	Parámetro para bebida de animales.
		D1: riego de cultivos de tallo alto y bajo	D2: bebida de animales
<b>INORGÁNICOS</b>			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cromo total	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Níquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05
Zinc	mg/L	2	24
<b>PLAGUICIDAS</b>			
Parathión	ug/L	35	35
<b>ORGANOCLORADOS</b>			
Aldrin	ug/L	0,004	0,7
Clordano	ug/L	0,006	7
DDT	ug/L	0,001	30
Dieldrin	ug/L	0,5	0,5
Endrin	ug/L	0,01	0,01
Endosulfan	ug/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro epóxido	ug/L	0,01	0,03
Lindano	ug/L	4	4

**Tabla 4 ECA Categoría 3 (DS N°015-2015-MINAM) Inorgánicos-Plaguicidas Organoclorados. FUENTE: Diario Oficial El Peruano.**

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARAMETRO	UNIDAD	Parámetros para riego de vegetales	Parámetro para bebida de animales.
		D1: riego de cultivos de tallo alto y bajo	D2: bebida de animales
<b>CARBAMATO</b>			
Aldicarb	ug/L	1	11
<b>POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES</b>			
Policloruros bifenilos totales (PCB's)	ug/L	0,04	0,045
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>			
Coliformes totales (35-37°C)	NMP/100ml	1000	5000
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	1000	1000
Escherichia coli	NMP/100ml	100	100

**Tabla 5 ECA Categoría 3 (DS N° 015-2015-MINAM) Carbamato-PCB's- Microbiológicos y Parasitológicos. FUENTE: Diario Oficial El Peruano.**

**Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y Establecen Disposiciones Complementarias.**

La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante los siguientes decretos supremos: DS N° 002-2008-MINAM, DS N° 023-2009-MINAM Y DS N° 015-2015-MINAM, que aprueban los ECA para Agua. Se encontró modificaciones y se eliminaron algunos valores, parámetros, categorías y subcategorías de los ECA. Respeto a Categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales, en los parámetros microbiológicos y parasitológicos fueron modificados, tal como se muestra en los cuadros siguientes:

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	D1: riego de vegetales		D2: bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS – QUÍMICOS</b>				
Aceites y grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0,1	0,1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Pt/Co		100 (a)	100 (b)
Conductividad	uS/cm		2500	5000
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L		15	15
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos + Nitritos	mg/L		100	100
Nitritos	mg/L		10	10
Potencial de hidrogeno (pH)	mg/L		6.5 – 8.5	6.5 – 8.4
Sulfatos	mg/L		1000	1000
Temperatura	°C		Δ 3	Δ 3

**Tabla 6 ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) Fisicoquímico. FUENTE: Diario Oficial El Peruano.**

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	D1: riego de vegetales		D2: bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	5		5
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2.5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
<b>PLAGUICIDAS</b>				
Parathión	ug/L	35		35
<b>ORGANOCOLORADOS</b>				
Aldrin	ug/L	0,004		0,7
Clordano	ug/L	0,006		7
DDT	ug/L	0,001		30
Dieldrin	ug/L	0,5		0,5
Endrin	ug/L	0,01		0,01
Endosulfan	ug/L	0,004		0,2
Heptacoloro y Heptacoloro epóxido	ug/L	0,01		0,03
Lindano	ug/L	4		4

Tabla 7 ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) Inorgánicos, Plaguicidas y Organoclorados. FUENTE: Diario Oficial El Peruano.

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3		
PARAMETRO	UNIDAD	D1: riego de vegetales		D2: bebida de animales
		Agua para riego no restringido	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>CARBAMATO</b>				
Aldicarb	ug/L	1		11
<b>POLICLORUROS BIFENILOS TOTALES</b>				
Policloruros bifenilos totales (PCB's)	ug/L	0,04		0,045
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes termotolerantes (44,5°C)	NMP/100ml	1000	2000	1000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	1000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

**Tabla 8 ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) Carbamato, PCB, Microbiológicos y Parasitológicos. FUENTE: Diario Oficial El Peruano.**

**Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Aprueban Limitas Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de aguas residuales domesticas o municipalidades.**

Como indica la referencia, los LMP miden la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Se exige su cumplimiento legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. (D.S. N° 003-2010-MINAM, 2010).

<b>PARAMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS</b>
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10000
DBO	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
Solidos Totales en Suspensión	ml/L	150
Temperatura	C°	< 35

**Tabla 9 LMP Efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM). FUENTE: Diario Oficial El Peruano.**

El numeral 32.1 del artículo 32° de la Ley General del Ambiente define al Límite Máximo Permisible - LMP, como la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio, según (D.S. N° 003-2010-MINAM, 2010).

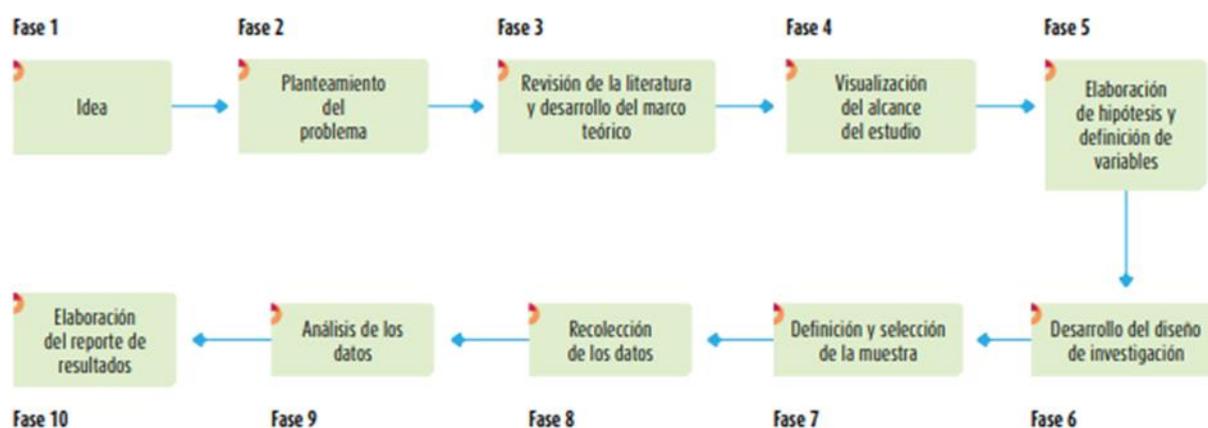
### III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo y Diseño de la Investigación.

##### Enfoque de investigación.

El enfoque cuantitativo (latín quantitas) se remite a conteos numéricos, es secuencial y probatorio, cada etapa precede a la siguiente, es decir, no podemos saltar pasos, parte de una idea que va acotándose y una vez delimitada se deriva en objetivos y preguntas de investigación, revisa literatura y construye un marco teórico, de las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables; se trazan un diseño para probarlas, las variables se miden en un contexto determinado, se analizan las mediciones tomadas utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones respecto de las hipótesis, así lo indica (Hernández Sampieri, 2014).

De la misma forma (Elizabeth, 2012) el enfoque cuantitativo se denomina también investigación analítica, puesto que hace referencia a propiedades o características que poseen los objetos que son estudiados, buscando así la comprobación de estos mismos. Así mismo las hipótesis se establecen previamente y se someten a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Indica también que la recolección de datos se establece en la medición de los fenómenos estudiados



**Ilustración 13 Proceso Cuantitativo. FUENTE: (Hernández Sampieri, 2014)**

Es por esto que el trabajo de investigación desarrollado posee el enfoque cuantitativo, en cuanto la naturaleza del problema, objetivo e hipótesis de investigación, se utilizó para la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar las hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y el uso de estadística, el mismo ayudara a corroborar, contrastar, planificar la

efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco.

Con la aplicación del lombrifiltro con *Eisenia foetida* del Sistema Tohá en el tratamiento de aguas residuales se observó que los valores iniciales de los parámetros analizados estuvieron dentro de los LMP y ECA; pero los valores de los Coliformes termotolerantes estaban muy por encima de estos límites, una vez tratada el agua residual y analizada en laboratorio se observó que la cantidad de coliformes termotolerables se redujo estando dentro de los valores establecidos en ECA y LMP, esto demuestra que el sistema es eficiente.

### **Tipo de investigación.**

Por naturaleza de los problemas y los propósitos del trabajo investigación se asume la investigación sustantiva, porque se pretendió desarrollar una investigación teórica y de los enfoques referentes a la efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas residuales en el ámbito de estudio considerado durante el periodo previsto.

La investigación sustantiva se define como aquella que trata de responder a los problemas teóricos, está orientada a describir, explicar, predecir la realidad, con lo que conducen una búsqueda de principios y leyes generales permitiendo organizar una teoría científica. En simples palabras este tipo de investigación nos orienta hacia la investigación básica o pura. (Hugo Sánchez Carlessi ; Carlos Reyes Meza, 1996).

### **Nivel de investigación.**

El presente trabajo de investigación es de nivel descriptivo evaluativo, según el autor (Hugo Sánchez Carlessi ; Carlos Reyes Meza, 1996) este nivel de investigación tiene como objetivo evaluar y determinar las particulares de las variables en estudio, de esta forma verificaremos la efectividad de la *Eisenia foetida* en el tratamiento de aguas residuales a nivel de la población y muestra de estudio. Por las características evaluativas y relevancia en cuanto a la efectividad de la *Eisenia foetida* el estudio presenta correlación frente al tratamiento de aguas residuales, a través de este trabajo se pretende destacar la efectividad de esta especie de lombriz en el tratamiento de las aguas residuales.

### **Método de la investigación.**

Se emplea el método experimental descriptivo con el sistema de tratamiento, previamente explicado y vaciar datos en Excel para los gráficos y tablas. Se aplicó formatos de control uno para la *Eisenia foetida* puesto que se controló la semana de adaptación y durante el tiempo que duro el trabajo de investigación, evaluando

diariamente temperatura, pH y porcentaje de humedad. En el segundo formato aplicado en el lombrifiltro se controló temperatura, CE, STS y pH. Controlando el lombrifiltro se mejoró su efectividad.

(Hugo Sánchez Carlessi ; Carlos Reyes Meza, 1996) Nos explican que este método nos permite demostrar presupuesto e hipótesis explicativas, es decir, que trabajen relación causa-efecto, estudiando el fenómeno en una circunstancia temporo-espacial determinada.

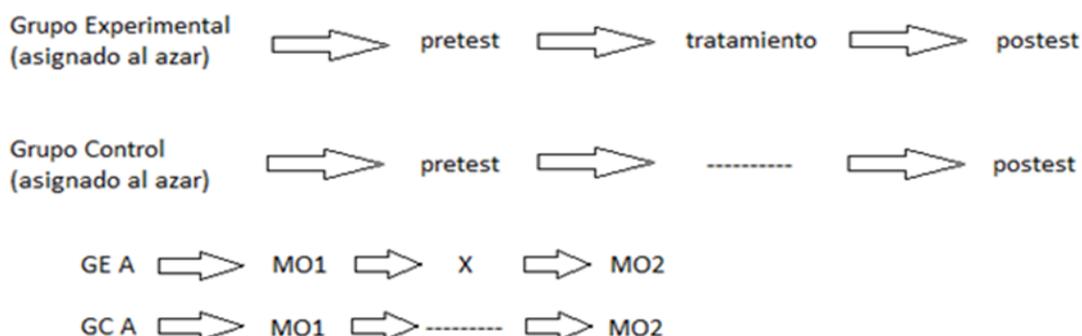
### Diseño de investigación.

De acuerdo al propósito del trabajo de la investigación, el presente estudio posee características de diseño esquemático experimental, porque sus variables tanto dependientes como independientes dan la posibilidad de manipularlos intencionalmente para ser utilizados, intervenidos y estudiados después de su ocurrencia.

Se presenta como la manipulación de variables en condiciones rigurosamente controladas, esto con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El investigador puede introducir variables y manipularlas en el para controlar el aumento o disminución de estas variables y su efecto. (Tamayo y Tamayo, 2003).

### Diseño esquemático de la investigación.

Para el presente estudio se tomó en consideración el diseño esquemático que se considera de acuerdo a su característica siguiente: estudio se tomó en consideración el diseño esquemático que se considerara de acuerdo a su característica siguiente:



**Ilustración 14** Diseño esquemático de la investigación. **FUENTE:** Elaboración propia.

**Dónde:**

**GE A:** es el grupo experimental asignado al azar para determinar la Variable Independiente. Efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco. La información requerida respecto a la efectividad de la Eisenia foetida en el proceso de tratamiento de aguas residuales a partir de ello será sometida a tratamiento de la muestra representativa de evaluación estructurada con fines al presente trabajo de investigación.

**GC A:** grupo de control asignado al azar para determinar la Variable Independiente. Efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales en el distrito de San Sebastián Provincia y Región de Cusco. El control del estudio se someterá a los procedimientos metodológicos de la investigación científica, los resultados serán contrastados después de la aplicación de variables.

**MO1:** muestra de agua sin tratamiento

**MO2:** muestra de agua con tratamiento

**X:** biofiltro y Eisenia foetida en el Sistema Tohá

### **3.2. Variables y Operacionalización.**

#### **Variable Independiente.**

Efectividad de la Eisenia foetida

- **Indicadores:**

Tamaño y característica morfológicas - Capacidad de producción - Temperatura - % de humedad – pH - Flujo continuo de agua a tratar - Presencia de materia orgánica en el agua residual - Lombrices en etapa adulta - Materia orgánica - Longevidad de las lombrices.

- **Índices:**

7 a 12 cm, color rojizo - Descomponen el 80 % de MO en humus - Temperatura óptima 15 °C a 24 °C.- pH optimo es 6.5 a 7.5 - % humedad 70% a 80% - Edad adulta al mes mejoran eficacia – E. foetida viven entre 14 a 15 años.

#### **Variable Dependiente.**

El tratamiento de aguas residuales

- **Indicadores:**

Aguas residuales industrial - Aguas residuales de origen doméstico - Aguas industriales municipales – Temperatura – Turbidez - Conductividad eléctrica – Color – Olor – pH – SST – OD – DBO – DQO – Organismos patógenos – PTAR – Lombrifiltros – Normativa Ambiental – ECA – LMP.

- **Índices:**

A.R. Industrial. - A.R. Domestico. - A.R. Municipales - Temperatura entre 20°C a 25°C  
- Mediante espectrofotómetro y análisis en laboratorio. - Uso del equipo Multiparámetro - Mediante observación.- El olor varía dependiendo de los compuestos orgánicos – pH entre 6.5 a 8.5 – Coliformes Termotolerantes – PTAR y Lombrifiltro – ECA y LMP.

ECA: los más importantes para el estudio.

- Aceites y grasas: 5 mg/L para riego de cultivos. 10 mg/L para bebida de animales.
- DBO: 15 mg/L para riego y bebida de animales.
- DQO: 40 mg/L para riego y bebida de animales.
- Temperatura:  $\Delta 3$  para riego y bebida de animales.
- Coliformes totales: 1000 NMP/100ml para riego y 5000 NMP/100ml para bebida
- Coliformes termotolerantes: 1000 NMP/100ml para riego y 1000 NMP/100ml para bebida de animales.

LMP para descarga de agua tratada en PTAR, los más relevantes.

- Aceites y grasas: 20 mg/L.
- Coliformes termotolerantes: 10000 NMP/100ml.
- DBO: 100 mg/L.
- DQO: 200 mg/L.
- pH: 6.5-8.5
- SST: 150 ml/L.
- Temperatura: < 35.

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES DE INVESTIGACION

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escalas o unidades de medida
<b>Variable Independiente:</b> Efectividad de la Eisenia foetida	La Eisenia foetida es una especie de lombriz con la característica de descomponer materia orgánica (MO) sintetizando el 80% de lo que consume, es adaptable en cualquier habitat manteniendo un rango de temperatura, humedad y pH constantes, esta especie es aplicada para la descomposición de MO en aguas residuales, puesto que no contrae ni transmite enfermedades.	Características físicas de las lombrices.	Tamaño y característica morfológicas	¿Es 7 a 12 cm el tamaño promedio de las lombrices?	7 a 12 cm, color rojizo.
		Capacidad para descomponer materia orgánica.	Capacidad de producción.	¿Descomponen el 80% de lo ingieren?	Descomponen el 80% de MO en humus.
		Ambiente apto para su producción	Temperatura	¿Es el rango de temperatura óptima (TO) 15 a 24 °C?	Temperatura óptima es del rango 15 °C a 24 °C.
			% de humedad	¿Es 70% y 80% el porcentaje de humedad apropiado para el desarrollo óptimo de la E. foetida?	El rango de porcentaje de humedad apropiado para las lombrices es de 70% a 80%.
pH	¿Es el pH adecuado para su óptima producción 7?	El pH óptimo es de 6.5 a 7.5.			

		-Efectividad del Sistema Tohá	-Flujo continuo del agua a tratar.	-¿Debe tener flujo constante de agua residual para realizar el proceso?	-El flujo de agua residual debe ser continuo, para que se proporcione materia orgánica a las lombrices.
			-Presencia de materia orgánica en el agua residual.	-¿El agua residual debe contener alta cantidad de materia orgánica para el proceso?	-El agua residual de por si tiene materia orgánica, es esta la que es descompuesta por la Eisenia foetida.
			-Lombrices en etapa adulta.	-¿Son las lombrices adultas las que realizan mejor el proceso?	-Las lombrices entran en edad adulta al mes de vida y son eficaces en el proceso.
		-Lombricultura	-Calidad de humus.	-¿Se genera buena calidad de humus al descomponer MO?	-Las lombrices producen humus de calidad al descomponer MO
			-Longevidad de las lombrices	-¿Son longevas las lombrices Eisenia foetida?	-Las lombrices Eisenia foetida viven entre 14 a 15 años.
<b>Variable Dependiente:</b>	Las aguas residuales se definen como aquellas aguas cuyas características	-Tipos de aguas residuales.	- Aguas residuales industrial.	-¿Son las agua residuales industriales producto	A.R. Industrial por proceso productivo, ya sea mina, pesca, etc.

El tratamiento de aguas residuales	originales fueron modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren tratamiento antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo acuático. Sus tratamientos varían en aplicación de sistemas siendo los convencionales PTAR y los sistemas no convencionales lombrifiltros, conocidos también como Sistema Tohá, que hacen uso de lombrices para su proceso. las características son			de procesos industrial?	
			- Aguas residuales de origen doméstico.	¿Son las aguas residuales domésticas las de origen residencial?	A.R. Doméstico de origen residencial y comercial.
			- Aguas industriales municipales.	¿Son las aguas residuales municipales la mezcla de dos tipos de aguas de origen distinto?	A.R. Municipales son la mezcla de aguas domésticas con aguas de drenaje pluvial.
	- Parámetros de las aguas residuales		- Temperatura.	¿Es ente 20 a 25 °C rango promedio de temperatura del agua residual?	Temperatura entre 20 a 25°C
			- Turbidez.	¿De qué manera es posible determinar la turbidez del agua residual?	Mediante el uso de espectrofotómetro y análisis en laboratorio.
			- Conductividad eléctrica.	¿De qué manera es posible determinar la conductividad eléctrica del agua residual?	Es posible determinarla mediante el uso del equipo Multiparámetro. Ya que está relacionada

					directamente con la temperatura.
			- Color.	¿De qué manera es posible determinar el color de las aguas residuales?	Mediante observación.
			- Olor.	¿De qué manera es posible determinar a través del olor el tipo de aguas residuales?	El olor a huevo podrido por el H <sub>2</sub> S. También por los compuestos orgánicos presentes en el agua.
			- pH.	¿Cuál es el promedio de valor pH para aguas residuales?	El pH valores de 6.5 a 8.5, para vertidos urbanos.
			- SST.	¿Cómo es posible determinar los SST en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.
			- OD.	¿Cómo es posible determinar el valor de OD en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.

			- DBO.	¿Cómo se puede determinar el valor de DBO en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.
			- DQO.	¿Cómo se puede determinar el valor de DQO en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.
			- Organismos patógenos.	¿Cuál es el organismo patógeno más representativo para el tratamiento de aguas residuales?	El más representante es coliformes termotolerantes.
		- Tipos de tratamiento para aguas residuales.	- Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).	¿Cada tipo de tratamiento varía en efectividad y genera residuos?	Las PTAR son efectivas en su tratamiento pero generan lodos residuales.
			- Lombrifiltro.	¿Qué beneficios trae el uso de lombrifiltro?	Lombrifiltro es efectivo en el tratamiento y no genera lodos, en su lugar humus.
		- Normativa ambiental para tratamiento	- Normativa Ambiental para	¿Cuáles son las normativas ambientales a cumplir para agua?	Existen dos principales que son:

		de aguas residuales.	descarga de aguas.		ECA para riego de vegetales y bebida de animales. LMP para efluentes de tratamiento en PTAR.
			- ECA DS N° 004-2017-MINAM  DS N° 015-2015-MINAM	¿Cuáles son los valores de los ECA para uso de aguas residuales tratadas?	- Aceites y grasas: 5 mg/L para riego de cultivos. 10 mg/L para bebida de animales. - DBO: 15 mg/L para riego y bebida de animales. - DQO: 40 mg/L para riego y bebida de animales. - Temperatura: $\Delta 3$ para riego y bebida de animales. - Coliformes totales: 1000 NMP/100ml para riego y 5000 NMP/100ml para bebida de animales. - Coliformes termotolerantes: 1000 NMP/100ml

						para riego y 1000 NMP/100ml para bebida de animales.
				- LMP DS N°003-2010-MINAM	¿Cuáles son los valores de LMP para descarga de agua tratada en PTAR?	- Aceites y grasas: 20 mg/L. - Coliformes termotolerantes: 10000 NMP/100ml. - DBO: 100 mg/L. - DQO: 200 mg/L. - pH: 6.5-8.5 - SST: 150 ml/L. - Temperatura: < 35.

Fuente: *Elaboración propia*

**Tabla 10 Matriz de Operacionalización de las Variables de la Investigación. FUENTE: Elaboración propia.**

### 3.3. Categorías, Subcategorías y Matriz de Categorización.

#### MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA.

N°	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10
1	Efectividad de la E. foetida	Condiciones favorables para su desarrollo y	Temperatura, considerando los valores óptimos	pH el rango apropiado para el mantenimiento	Porcentaje de humedad adecuado para las							

		adecuada producción.	entre 15°C a 24°C, para su mejor producción	de las lombrices es de 6.5 a 7.5	lombrices es de 70% a 80%, puesto que necesitan humedad							
		Características físicas	Viven entre 14 a 15 años, son longevitas en comparación con otras especies	Llegan a crecer de 15 a 20 cm alcanzando así su edad adulta y madurez reproductiva	Presentan un color rosado a rojizo, esta es su característica principal							
2	<b>Tratamiento de aguas residuales</b>	Características del agua tratada	Temperatura del agua residual puede	pH varía de acuerdo al tipo de	OD es importante para el origen de	CE se define como la facilidad con la						

			variar dependiendo a la zona entre los 20 °C a 35°C	agua residual que sea, llegando a ser muy ácido o alcalino	formas de vida superior, sus valores varían entre 7 a 10 mg/L	corriente eléctrica a través a el agua.						
		Normativa ambiental peruana	<b>LMP</b> DS N°003-2010-MINAM los parámetros estudiados son de LMP de efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos	<b>ECA</b> DS N°015-2015-MINAM /004-2017-MINAM el estudio es de la Categoría 3 <b>ECA</b> <b>AGUA</b> tanto para riego de vegetal								

			de agua	es y bebida de animales								
		Parámetros estudiados en laboratorio	Temperatura es importante para el desarrollo de actividad bacteriana presente en el medio, según LMP es <35°C ECA es Δ3	Turbidez es la presencia de materia en el agua y poder determinar su origen o composición.	CE facilidad con la que el agua permite el paso de la corriente eléctrica	pH se determina si es ácido o alcalino, en normativa peruana el rango óptimo en LMP es entre 6.5 a 8.5	SST presencia de partículas disueltas en el agua, de acuerdo a normativa en LMP es 150ml/L	OD valores para formas de vida superior son de 7 a 10 mg/L, si están por debajo de 2mg/L no es propicio para la vida	DBO es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para alimentarse también de materia orgánica LMP 100mg/L ECA 5mg/L	DQO mide la cantidad de oxígeno necesario para consumir materia orgánica en LMP es 200 mg/L y en ECA 40 mg/L tanto para riego como para bebida	Coliformes termotolerantes indican contaminación fecal, representa un subgrupo de coliformes totales, formado principalmente por Escherichia coli, Anterob	Aceites & grasas representan un grave problema pues tienen a solidificarse, los valores son en LMP 20 mg/L ECA 5 mg/L riego y 10 mg/L bebida de

											de animale s	acter, en LMP el valor es 10000 NMP/1 00ml ECA 1000 NMP/1 00ml riego y bebida de animale s	animale s
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------	---	--------------

**Tabla 11 Matriz de Categorización Apriorística. FUENTE: Elaboración Propia**

### 3.4. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

**Universo:** Se define como universo a la totalidad de individuos o elementos en los cuales se presenta una misma característica idónea a ser estudiada, de acuerdo a (Atauje Calderon, 2014).

Se trabajó específicamente en el Distrito de San Sebastián, en la Provincia y Región de Cusco. En el cual existe presencia de actividades comerciales variadas, las cuales generan residuos, tanto sólidos como líquidos que luego son vertidos en los ríos. La zona de estudio está ubicada en la riera del Rio Huatanay que atraviesa el distrito.



**Ilustración 15 Mapa del Distrito de San Sebastián. FUENTE: (Luna Loayza & Ayma Román, 2018)**

**Muestra:** Se define como el subconjunto o parte de la población, que reúne las mismas características o propiedades de la población de donde se tomó, según (Atauje Calderon, 2014).

En el presente trabajo de investigación a desarrollarse la procedencia de las muestras se registrará estrictamente a un volumen determinado de agua residual tomadas del Rio Huatanay en el Distrito de San Sebastián, por el sector del puente Agua Buena, donde se presencia descargas clandestinas de aguas residuales hacia el rio. Para posteriormente realizar el tratamiento en el lombrifiltro con *Eisenia foetida*.



**Ilustración 16** Mapa de ubicación del estudio. **FUENTE:** Google Earth

**Muestreo:** El muestreo se define como el procedimiento en el cual seleccionamos una muestra representativa de la población objeto de estudio.

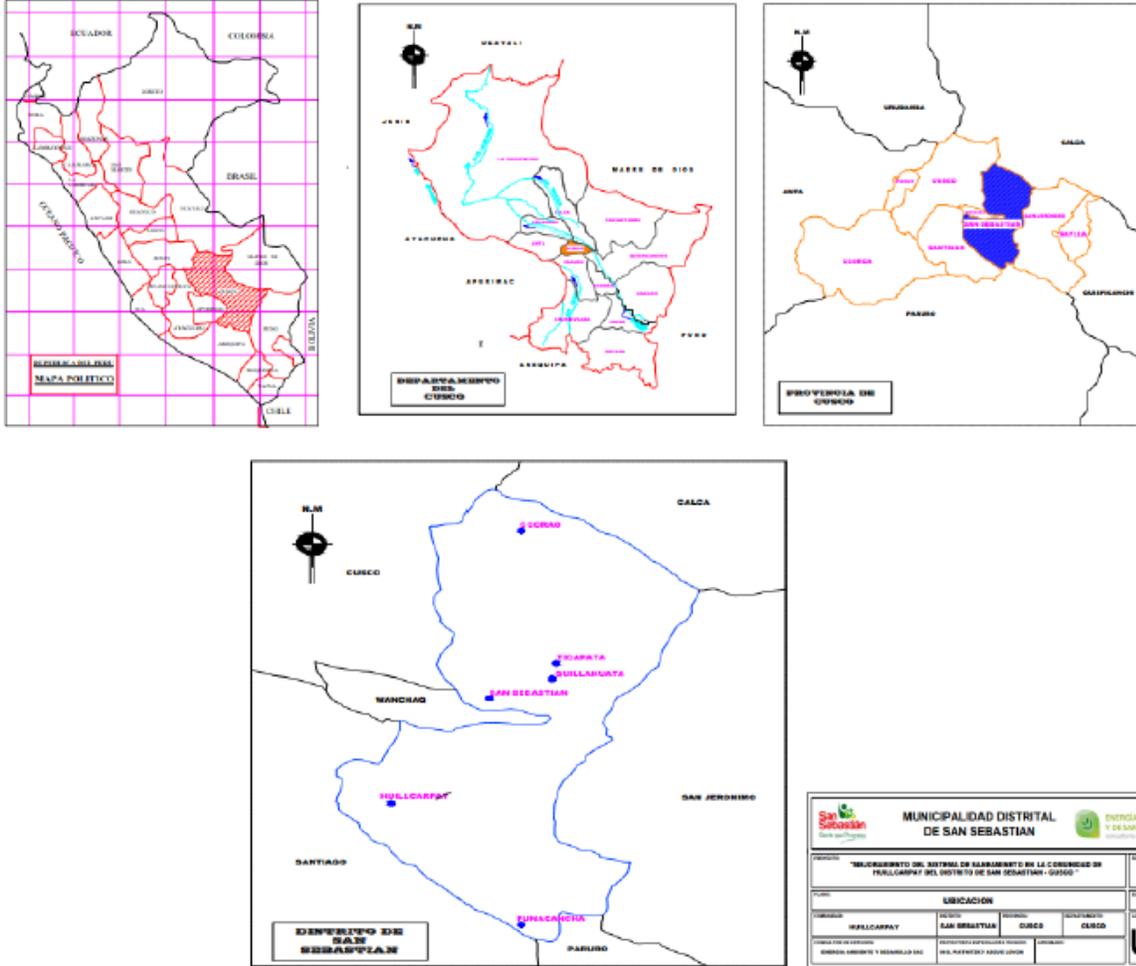
Como indica (Hernández Sampieri, 2014) las muestras no probabilísticas o muestras dirigidas se define como la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas con las características de la investigación o por los propósitos del investigado, el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, ya que depende del proceso de toma de decisiones del investigador.

Para el desarrollo de la investigación se preverá manejar el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia.

**Unidad de análisis:** La unidad de análisis en el trabajo de investigación presente es la descarga de aguas residuales de origen domestico del sector de la APV Agua Buena en el cauce del Rio Huatanay a la altura del puente Agua Buena, esto ubicado en el distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco. El recojo de muestras se realizó en la margen derecha del rio Huatanay a la altura del puente Agua Buena, el recorrido se realizará desde el punto establecido 50 metros aguas abajo, ya que se observa por esta zona un ducto de descarga de aguas residuales al rio Huatanay.

Las coordenadas UTM son:

- Norte 8501161
- Este: 181680



**Ilustración 17 Mapa de Ubicación Político San Sebastián - Cusco. FUENTE: Municipalidad Distrital de San Sebastián.**

Estas aguas residuales descargadas directamente al río sin previo tratamiento, poniendo en riesgo la salud de las personas que hacen uso de las mismas a su vez afectando también al ambiente incluyendo flora y fauna. Estas aguas residuales fueron usadas para el trabajo de investigación previamente pasaron por un análisis en laboratorio para determinar las concentraciones de contaminantes, después serán sometidas al tratamiento en el lombrifiltro Sistema Tohá con *Eisenia foetida*, el agua discurrirá por todos los estratos la materia orgánica será procesada por las lombrices *Eisenia foetida*, al finalizar el proceso se volverá a realizar un análisis en laboratorio para determinar la efectividad del proceso en tratamiento de aguas residuales.

**Dimensionamiento:** Hallamos primero el **caudal (Q)** por el método volumétrico, representado por:

$$Q = V/t \text{ (l/s) o (m}^3\text{/s)}$$

$$Q = \frac{10 \text{ l}}{86400 \text{ seg}}$$

$$Q = 0.0001157 \text{ l/s}$$

$$Q = 10 \text{ litros/día} \rightarrow Q = 0.01 \text{ m}^3\text{/día}$$

Luego hallaremos el **área (A → m<sup>2</sup>)** del estanque piloto del lombrifiltro (capacidad de almacenamiento).

$$A = 2(ab+ah+bh)$$

$$A = 2[(75\text{cm} \times 50\text{cm}) + (75\text{cm} \times 60\text{cm}) + (50\text{cm} \times 60\text{cm})]$$

$$A = 22500 \text{ cm}^2$$

$$A = 2.25 \text{ m}^2$$

Hallar el **volumen** del estanque (**V → m<sup>3</sup> o l**)

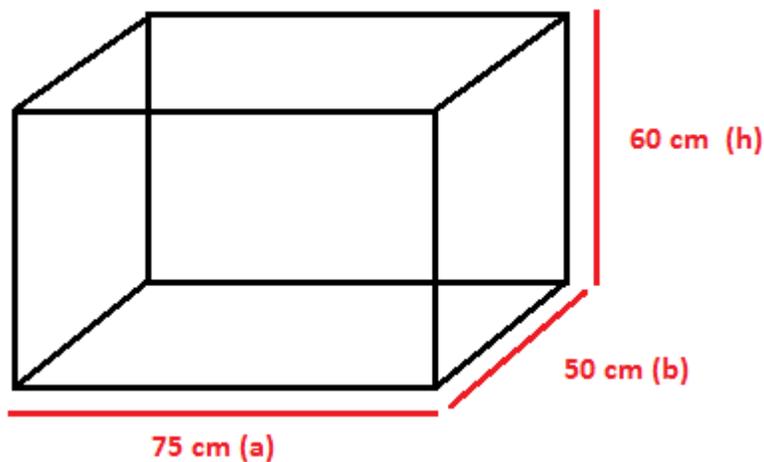
$$V = Bh$$

$$V = (3750 \text{ cm}^2)(60 \text{ cm})$$

$$V = 225000 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.225 \text{ m}^3$$

$$V = 25 \text{ litros}$$



$$T \text{ riego} = Q/A \leq 1 \text{ m}^3\text{/m}^2\text{/día}$$

$$T \text{ riego} = \frac{0.01 \text{ m}^3/\text{día}}{2.25 \text{ m}^2}$$

$$\text{Tasa de Riego} = 0.0044 \text{ m}^3/\text{ m}^2/\text{día}$$

### 3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

#### Técnicas.

- a) **Observación de campo:** Por medio de esta técnica se analizara y estudiara tanto el diseño experimental y la bibliografía respecto al tema.
- b) **Formato de registro para el control de parámetros:** Esta prueba se aplicara para conocer y dar puntuación de valores a los diferentes signos que nos ayuden a elaborar el análisis de lo registrado en el diseño experimental lombrifiltro. (Anexo 10)
- c) **Ficha de control de adaptación de Eisenia foetida:** Esta técnica se utilizara con el fin de monitorizar la aclimatación, crecimiento de población, etc. en las lombrices a utilizar en el proceso. (Anexo 9)

**Instrumentos de Recolección de Datos.** Existen instrumentos para el recojo de la información requerida y establecida para el desarrollo del trabajo de investigación. Nos permitió mejorar nuestra calidad de información para la efectividad del proceso.

**Aplicación de los instrumentos de recojo de Datos.** Para la parte aplicativa de la investigación se utilizaron los siguientes instrumentos para medir parámetros y la determinación de productividad de las lombrices en el tratamiento, para los cuales se emplean:

- Observación directa e indirecta.
- Formato de registro para el monitoreo de los parámetros.
- Ficha de control de adaptación de Eisenia foetida.
- Evaluación de productividad de las lombrices en el tratamiento.
- Autorización de las entidades correspondientes.

#### **Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.**

- **Validez:** Para esta investigación la validez está dada por juicio de experto, (Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Maria, 2018) sostiene que la validez el contenido se obtiene a través de opiniones de expertos asegurándose que las dimensiones medidas por el instrumento sean

representativas del universo. Para el proyecto de investigación se utilizaron la validación de instrumentos y juicio del experto y los formatos de control de parámetros para Eisenia foetida y Lombrifiltro estos fueron aprobados por especialistas en el tema de investigación, para el mejor desarrollo de la investigación.

- **Confiabilidad de los instrumentos:** Según nos indican los autores, se define a la confiabilidad de un instrumento de medición como el grado de aplicación repetida al mismo objeto o individuo produce resultados iguales (Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Maria, 2018).

**Procesamiento y análisis de los datos.** El procesamiento y análisis de los datos de nuestra investigación, se efectuaron, utilizando las técnicas propias del paquete estadístico Excel y la tabulación manual de datos. Estos datos son el control de parámetros de la Eisenia foetida y el lombrifiltro. También se analizó los resultados de los análisis de las aguas residuales antes y después del tratamiento del lombrifiltro con Eisenia foetida, evaluando los porcentajes de reducción de contaminantes y la efectividad del sistema. Comparamos también con los valores de ECA y LMP.

### 3.6. Procedimientos.

Se incluye el modo de recolección de datos de información, sean estos artículos científicos, revistas, libros, publicaciones en repositorios universitarios, sitios web y normativa peruana vigente, en total se tiene más de 40 fuentes de información utilizadas para el desarrollo del trabajo de investigación, teniendo como palabras clave en estas búsquedas: residual wáter, Eisenia foetida, sistema Tohá, lombrifiltro, tratamiento de aguas residuales, metodología de la investigación, PTAR, ECA y LMP.

A continuación la tabla con el resumen de criterios de búsqueda.

#### Resumen de Criterios de Búsqueda.

Tipo de documento	Documentos referidos a	Cantidad	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículo científico	Lombricultura	5	Eisenia foetida	Lombricultura y Eisenia foetida.	--

Artículo científico	Sistema Tohá	4	Tohá	Sistema Tohá, diseño, operación y aplicación.	--
Artículo científico	Tratamiento de aguas residuales	5	Sistemas no convencionales de tratamiento	Humedales artificiales, Bioprocesamiento y Bioadsorción, Biopelículas.	--
Libro	Lombricultura	6	Eisenia foetida,	Características físicas, ciclo reproductivo, cualidades, condiciones favorables para su habitat, humus de lombriz.	--
Libro	Tratamiento de aguas residuales	4	Agua residual	Tratamiento, proceso, secuencia.	--
Libro	Aguas residuales	4	Parámetros	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	--
Libro	Metodología de la investigación.	4	Metodología de la investigación.	Tipo, nivel, método y diseño de la investigación.	--
Informe sitio web	Contaminación acuática	4	Agua	Plásticos, mar, contaminación, tipos de aguas residuales.	--

Informe sitio web	Rio Huatanay	2	GORE CUSCO, Huatanay	Subcuenca, rio Huatanay.	Microcuencas del Cusco
Sitio Web	Aguas residuales	1	Agua residual	Agua, agua residual, saneamiento.	--
Sitio web	SEDACUSCO	1	Agua potable.	Agua y desagüe.	--
Patente	Tohá	1	Sistema Tohá N°40.754	Diseño y aplicación.	--
Tesis	PTAR	1	PTAR	PTAR SEDACUSCO.	--
Tesis	Tratamiento de aguas residuales	9	Agua residual	Aguas residuales, Eiseña foetida, Tohá, lombrifiltro.	--
Normativa	DS N°004-2017-MINAM	1	ECA	Categoría 3: riego de cultivos y bebida de animales.	Otras categorías .
Normativa	DS N°015-2015-MINAM	1	ECA	Categoría 3: riego de cultivos y bebida de animales.	Otras categorías .
Normativa	DS N°003-2010-MINAM	1	LMP	LMP para efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua.	--
Normativa	Ley N° 26842	1	Ley General de Salud	Artículos 104 y 107.	Otros artículos de la ley.
Normativa	Ley N° 29972	1	Ley Orgánica de	Artículo 80.	Otros artículos de la ley.

			Municipalidades		
Normativa	Ley N° 28611	1	Ley General del Ambiente	Artículos 1, 31, 212 y 122.	Otros artículos de la ley.
Normativa	Ley N° 29338	1	Ley de Recursos Hídricos	Artículos 15, 76,79 y 82.	Otros artículos de la ley.
<b>Tesis: Efectividad de la <i>Eisenia foetida</i> en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2020.</b>					

**Tabla 12 Resumen de Criterios de Búsqueda. FUENTE: Vicerrectorado de Investigación UCV**

### **3.7. Método de Análisis de Datos.**

El procesamiento y análisis de los datos de nuestra investigación, se efectuaron, utilizando las técnicas propias del paquete estadístico Excel y la tabulación manual de datos. Estos datos son el control de parámetros de la *Eisenia foetida* y el lombrifiltro. También se analizó los resultados de los análisis de las aguas residuales antes y después del tratamiento del lombrifiltro con *Eisenia foetida*, evaluando los porcentajes de reducción de contaminantes y la efectividad del sistema. Comparamos también con los valores de ECA y LMP.

### **3.8. Aspectos Éticos.**

El presente trabajo de investigación se desarrolló bajo la orientación y asesoramiento de un profesional en metodología de la investigación, organizando de esta forma en capítulos, de los cuales sus contenidos son tomadas de fuentes bibliográficas primarias y secundarias que ostentan veracidad en sus definiciones teóricas y conceptuales, para a partir de ello desarrollo de los instrumento de recolección de la información se efectuó basándose en los procedimientos metodológicos y como también tomadas en consideración el formatos de laboratorio preestablecidos, con la contribución de juicio de expertos y aprobación de los formatos para medición de parámetros en el lombrifiltro, su contribución de los expertos y profesionales en la materia han sido oportunas para la configuración de información o teorías relacionadas al tema de estudio, de esta forma el trabajo de investigación no guarda similitud con otros trabajos efectuados a nivel de la

región o en otras realidades del ámbito nacional, la previsión de la población y muestra de estudio son evidentes como consignado en el diseño metodológico y en cuanto a los resultados dispuesto a ser verificado para demostrar la veracidad en función a los instrumentos de recojo de información empleados en el estudio. De la misma forma se ha cumplido los procedimientos administrativos y aprobación de la Universidad César Vallejo y la acreditación del laboratorio por INACAL en el que se procesaron los análisis de agua residual tratada con Eisenia foetida.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

A continuación se obtuvieron y procesaron los resultados, desarrollándose las discusiones en cada parámetro estudiado.

##### **EVOLUCIÓN HISTÓRICA POR ETAPAS.**

En el presente cuadro, se representa todo el proceso de la elaboración del trabajo de investigación, de acuerdo a las diferentes etapas realizadas, especificando detalladamente todo el proceso.

### Evolución Histórica Por Etapas.

TIEMPO	ETAPAS									
	Proyecto de investigación			Elaboración del proyecto						
AÑO 2020	Lineamientos para desarrollo de proyecto	Aspectos generales del proyecto	Plan de investigación	Revisión y validación	Desarrollo del proyecto	Implementación del proyecto	Recolección de datos	Procesamiento de datos	Análisis e interpretación de resultados	Elaboración de informe de investigación.
ENER	X									
FEBR		X	X							
MARZ			X	X	X	X				
ABR					X	X	X			
MAY					X	X	X			
JUN					X	X	X			
JUL					X	X	X			
AGOS					X	X	X			
SET					X	X	X	X	X	
OCT					X	X	X	X	X	X
NOTA: La investigación se desarrolló 10 meses con 9 días.										

**Tabla 13 Evolución Histórica por Etapas. FUENTE: Elaboración propia.**

### Evolución Histórica

<b>Época / Etapa / Periodo</b>	<b>Personaje</b>	<b>Lugar</b>	<b>Aporte</b>	<b>Fuente de información</b>
4000 a.C.	Sumerios	Babilonia	Lombricultura	(Mejía, 1993)
Antiguo Egipto		Egipto	Lombricultura	(Mejía, 1993)
Antigua Grecia	Aristóteles	Grecia	Lombricultura	(Mejía, 1993)
Imperio Romano	---	Roma	Desarrollo de alcantarillas y sistemas de desagüe.	(We are Water, 2017)
1837	Charles Darwin	Inglaterra	Lombricultura	(Schuldt, 1994) (Galvis & Rivera, 2013)
1985	Dr. José Tohá Castellá	Lufkin- EEUU - Texas	Primeros tratamientos de aguas residuales con <i>Eisenia foetida</i>	(Tohá, 2000)
1993	Mejía Pedro	Chile	Agroflor lombricultura	(Mejía, 1993)
1994	Tineo Alex	Costa Rica	Crianza y manejo de lombrices de tierra	(Tineo, 1994)
1994	Chávez	Perú	Lombricultura	(Chávez, 1994)
1996	Martínez Cerdas Claudia	México	Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo.	(Martines Cerdas, 1996)
1996	Sanchez Carlesi Hugo; Reyes Meza Carlos	Perú - Lima	Metodología y diseños en la investigación.	(Hugo Sánchez Carlessi ; Carlos Reyes Meza, 1996)
1997	ESSALUD	Perú	Ley N° 26842 Ley General de Salud	(Ley N° 26842, 1997)
2000	Dr. José Tohá Castellá	Chile	Creación de la patente del Sistema Tohá	(Tohá, 2000)
2000	MANANTIAL CHILE S.A.	Chile	Sistema Tohá.	(MANANTIAL, 2000)
2002	Mendivil Riveros	Perú - Cusco	Gestión del agua en la cuenca del Rio Huatanay y la	(Mendivil Riveros, 2002)

			concertación para tratamiento de problemas ambientales.	
2003	Salazar Enrique	México	Abonos orgánicos y plasticultura	(Salazar, 2003)
2003	A.V.F.	Chile	Programa para la Descontaminación de Aguas, Biofiltro	(A.V.F, 2003)
2003	Congreso	Perú	Ley N° 29972 Ley Orgánica de Municipalidades	(Ley N° 29972, 2003)
2003	Tamayo y Tamayo	México	El proceso de la investigación científica	(Tamayo y Tamayo, 2003)
2005	Salazar Miranda Patricia	Chile	Investigación tratamiento de aguas residuales sistema Tohá en zona rural.	(Salazar Miranda, 2005)
2005	Orozco Alvaro	Colombia – Bogotá	Bioingeniería de aguas residuales	(Orozco, 2005)
2005	Arias Isaza Carlos	Colombia - Bogotá	Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales	(Arias Isaza, 2005)
2005	MINAM	Perú	Ley N° 28611 Ley General del Ambiente	(Ley N°28611, 2005)
2007	Manahan Stanley	México	Química ambiental	(Manahan, 2007)
2009	Lacrampe		Termino de agua residual	(Lacrampe, 2009)
2009	Congreso	Perú	Ley N° 29338 Ley de Recursos Hidricos.	(Ley N° 29338, 2009)
2010	Diario Oficial El Peruano	Perú	DS N° 003-2010-MINAM	(D.S. N° 003-2010-MINAM, 2010)
2010	OMS	---	La importancia del agua.	(OMS, 2010)
2011	GORECUSCO & IMA	Perú - Cusco	Tratamiento y gestión de riesgos de inundaciones y erosión en zonas rivereñas al	(GORECUSCO & IMA, 2011)

			cauce del Rio Huatanay – Cusco.	
2012	Tejero Monzon Juan; Garcia Esteban; De Florio	Catambria	Investigación sobre Biopelículas para depuración de aguas residuales.	(Tejero Monzón, Esteban Garcia, & De Florio, 2012)
2013	Galvis Toro Juliana; Rivera Guerrero Ximena	Colombia-Pereira	Investigación sobre caracterización de lodos en plantas de tratamiento.	(Galvis & Rivera, 2013)
2014	OFEA	---	Definición de aguas residuales	(OEFA, 2014)
2014	Hernández Sampieri	México	Metodología de la Investigación.	(Hernández Sampieri, 2014)
2015	Shi Y; Zhang G; Liu J; Zhu Y; Xu J	---	Aguas residuales, humedales artificiales.	(Shi, Zhang, Liu, Zhu, & Xu, 2015)
2015	Coronel Pazmiño Nancy	Ecuador - Riobamba	Investigación a escala del biofiltro Tohá en aguas residuales.	(Coronel Pazmiño, 2015)
2015	Aicedo Campoverde Jenniffer	Ecuador - Riobamba	Diseño de prototipo comparando E. foetida y Agave filifera.	(Aicedo Campoverde, 2015)
2015	Acuña Marrufo José; Reyes Sanchez Jean	Perú – Chachapoyas	Investigación sobre la eficiencia de L. terrestres y E. foetida en el tratamiento de aguas residuales.	(Acuña Marrufo & Reyes Sanchez, 2015)
2015	Diario Oficial El Peruano	Perú	DS N° 015-2015-MINAM	(D.S. N° 015-2015-MINAM, 2015)
2016	Vizcaíno Mendoza Lissette; Fuentes Molina Natalia	Colombia - Riohacha	Estudio de efectos de E. foetida y Eichhornia crassipes removiendo materia orgánica de efluentes domésticos.	(Vizcaíno Mendoza & Fuentes Molina, 2016)

2017	Paico Revilla Deyvis	Perú - Chiclayo	Investigación sobre el sistema Tohá en aguas residuales.	(Paico Revilla, 2017)
2017	Diario Oficial El Peruano	Perú	DS N° 004-2017-MINAM	(D.S N° 004-2017-MINAM, 2017)
2017	Vásquez Javier	---	Tipos de Aguas Residuales	(Javier Vazquez, 2017)
2018	Hernández Sampieri Roberto; Fernández Collado Carlos & Baptista Lucio María	México	Metodología de la Investigación	(Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Maria, 2018)
2018	Reyes Farje Jefferson; Morales Rojas Eli	Perú - Chachapoyas	Investigación sobre tratamiento de aguas residuales con E. foetida y Eichhornia crassipes.	(Reyes Farje & Morales Rojas, 2019)
2018	Loro Campo Ana	Perú - Lima	Investigación sobre la eficiencia de E. foetida y un biofiltro convencional en tratamiento de aguas residuales.	(Loro Ocampos, 2018)
2019	Merino Yépez, Milton; Amador Challco, Hugo	Perú - Cusco	Determinación de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en los sistemas del C.P. de Huacoto y de la margen derecha del distrito de Saylla	(Merino Yépez & Amador Challco, 2019)

**Tabla 14 Evolución histórica de antecedentes de la investigación. FUENTE: Elaboración propia.**

**ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO A PARTIR DE LOS INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE LA FASE EXPERIMENTAL.**

- Comportamiento de Eisenia foetida.

**CUADRO N° 01**

**CONTROL DE Eisenia foetida.**

<b>RESULTADOS EN FUNCION A LA FICHA DE CONTROL DE Eisenia foetida.</b>						
<b>PROCESO</b>	<b>DÍA</b>	<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Porcentaje de Humedad</b>	<b>pH</b>
Adaptación antes del tratamiento	01	01-03-20	9:00	13.8	60%	6.0
	02	02-03-20	9:00	14.0	65%	6.0
	03	03-03-20	9:00	14.2	70%	6.5
	04	04-03-20	9:00	14.7	75%	6.7
	05	05-03-20	9:00	15.0	77%	7.0
	06	06-03-20	9:00	15.4	80%	7.0
	07	07-03-20	9:00	15.8	80%	7.0
Durante el tratamiento en lombrifiltro (1°mes)	08	08-03-20	10:20	15.6	70%	6.5
	09	09-03-20	10:20	15.7	70%	6.5
	10	10-03-20	10:20	16.0	75%	6.7
	11	11-03-20	10:20	16.0	75%	6.5
	12	12-03-20	10:20	16.1	75%	6.9
	13	13-03-20	10:20	15.9	80%	7.1
	14	14-03-20	10:20	16.0	80%	7.4
	15	15-03-20	10:20	15.8	75%	7.5
	16	16-03-20	10:20	16.1	80%	7.3
	17	17-03-20	10:20	16.3	80%	7.5
	18	18-03-20	10:20	16.6	80%	7.0
	19	19-03-20	10:20	16.5	80%	6.8
	20	20-03-20	10:20	16.4	77%	6.5
	21	21-03-20	10:20	16.3	77%	6.5
	22	22-03-20	10:20	16.0	76%	6.5
	23	23-03-20	10:20	16.5	80%	6.8
	24	24-03-20	10:20	17.0	80%	7.0
	25	25-03-20	10:20	17.1	80%	7.0
	26	26-03-20	10:20	16.9	80%	7.0
	27	27-03-20	10:20	17.0	80%	6.5
	28	28-03-20	10:20	16.9	80%	6.5
	29	29-03-20	10:20	16.5	75%	6.5
	30	30-03-20	10:20	16.5	75%	6.0
	31	31-03-20	10:20	16.3	77%	6.0
Durante el tratamiento	01	01-04-20	10:20	17.0	80%	6.5
	02	02-04-20	10:20	16.9	80%	6.7

en lombrifiltro (2°mes)	03	03-04-20	10:20	16.9	80%	7.0	
	04	04-04-20	10:20	16.8	80%	7.0	
	05	05-04-20	10:20	16.9	78%	6.5	
	06	06-04-20	10:20	16.5	77%	6.5	
	07	07-04-20	10:20	16.8	77%	6.7	
	08	08-04-20	10:20	16.7	76%	6.5	
	09	09-04-20	10:20	16.8	80%	7.0	
	10	10-04-20	10:20	16.9	80%	7.0	
	11	11-04-20	10:20	17.2	85%	7.0	
	12	12-04-20	10:20	17.0	85%	6.8	
	13	13-04-20	10:20	16.9	80%	6.5	
	14	14-04-20	10:20	17.0	80%	7.0	
	15	15-04-20	10:20	16.8	77%	6.7	
	16	16-04-20	10:20	16.8	75%	6.7	
	17	17-04-20	10:20	16.9	80%	7.0	
	18	18-04-20	10:20	16.9	80%	7.5	
	19	19-04-20	10:20	17.0	80%	7.0	
	20	20-04-20	10:20	16.8	80%	6.7	
	21	21-04-20	10:20	16.9	80%	6.9	
	22	22-04-20	10:20	17.0	80%	7.0	
	23	23-04-20	10:20	17.0	80%	7.0	
	24	24-04-20	10:20	17.1	80%	7.0	
	25	25-04-20	10:20	16.5	78%	6.5	
	26	26-04-20	10:20	16.6	80%	6.8	
	27	27-04-20	10:20	16.6	80%	7.0	
	28	28-04-20	10:20	16.7	80%	7.0	
	29	29-04-20	10:20	16.7	80%	7.0	
	30	30-04-20	10:20	16.8	80%	6.6	
	31	31-04-20	10:20	16.8	80%	6.5	
	Durante el tratamiento en el lombrifiltro (3° mes)	01	01-05-20	10:20	17.1	80%	6.5
		02	02-05-20	10:20	16.8	80%	7.0
03		03-05-20	10:20	16.7	80%	7.2	
04		04-05-20	10:20	16.8	80%	7.0	
05		05-05-20	10:20	16.5	75%	6.5	
06		06-05-20	10:20	16.5	75%	6.5	
07		07-05-20	10:20	16.8	70%	6.5	
08		08-05-20	10:20	16.9	70%	6.5	
09		09-05-20	10:20	16.9	75%	6.7	
10		10-05-20	10:20	17.0	80%	7.0	
11		11-05-20	10:20	17.1	80%	7.3	
12		12-05-20	10:20	17.2	80%	7.5	
13		13-05-20	10:20	17.0	80%	7.0	
14		14-05-20	10:20	17.0	80%	7.0	

	15	15-05-20	10:20	16.6	70.5%	6.7
	16	16-05-20	10:20	16.8	70%	6.5
	17	17-05-20	10:20	16.9	80%	7.0
	18	18-05-20	10:20	17.0	80%	7.5
	19	19-05-20	10:20	17.0	80%	7.0
	20	20-05-20	10:20	16.7	7.5%	7.0
	21	21-05-20	10:20	16.7	7.8%	7.2
	22	22-05-20	10:20	16.9	80%	7.4
	23	23-05-20	10:20	17.0	80%	7.0
	24	24-05-20	10:20	16.9	80%	7.0
	25	25-05-20	10:20	16.6	78%	6.5
	26	26-05-20	10:20	16.5	80%	6.5
	27	27-05-20	10:20	16.5	80%	7.0
	28	28-05-20	10:20	16.7	78%	6.5
	29	29-05-20	10:20	16.8	80%	7.0
	30	30-05-20	10:20	16.9	80%	7.5
	31	31-05-20	10:20	16.8	80%	7.0
Durante el tratamiento en el lombrifiltro (4° mes)	01	01-06-20	10:20	17.0	80%	7.2
	02	02-06-20	10:20	17.3	75%	7.0
	03	03-06-20	10:20	16.9	75%	7.0
	04	04-06-20	10:20	17.1	76%	6.7
	05	05-06-20	10:20	16.6	75%	6.7
	06	06-06-20	10:20	16.7	70%	7.2
	07	07-06-20	10:20	16.9	75%	7.5
	08	08-06-20	10:20	17.2	80%	7.3
	09	09-06-20	10:20	17.5	80%	7.0
	10	10-06-20	10:20	17.7	80%	7.0
	11	11-06-20	10:20	17.5	77%	6.8
	12	12-06-20	10:20	17.1	75%	6.9
	13	13-06-20	10:20	17.4	75%	6.8
	14	14-06-20	10:20	17.6	70%	6.8
	15	15-06-20	10:20	17.5	70%	7.0
	16	16-06-20	10:20	17.3	75%	7.3
	17	17-06-20	10:20	17.0	75%	7.3
	18	18-06-20	10:20	17.0	77%	7.2
	19	19-06-20	10:20	16.9	78%	7.0
	20	20-06-20	10:20	16.6	80%	7.1
	21	21-06-20	10:20	16.7	80%	7.0
	22	22-06-20	10:20	16.6	77%	7.0
	23	23-06-20	10:20	16.9	75%	7.3
	24	24-06-20	10:20	16.9	76%	7.3
	25	25-06-20	10:20	17.0	80%	7.1
	26	26-06-20	10:20	17.3	80%	7.5

	27	27-06-20	10:20	17.0	76%	7.5
	28	28-06-20	10:20	17.5	75%	7.3
	29	29-06-20	10:20	17.4	75%	7.1
	30	30-06-20	10:20	17.1	78%	7.3
Durante el tratamiento en el lombrifiltro (5° mes)	01	01-07-20	10:20	17.3	80%	7.0
	02	02-07-20	10:20	17.6	80%	7.0
	03	03-07-20	10:20	17.2	77%	7.0
	04	04-07-20	10:20	17.0	75%	6.9
	05	05-07-20	10:20	17.0	72%	7.0
	06	06-07-20	10:20	17.1	70%	6.8
	07	07-07-20	10:20	17.1	73%	6.6
	08	08-07-20	10:20	16.9	75%	6.7
	09	09-07-20	10:20	17.0	75%	6.9
	10	10-07-20	10:20	17.1	77%	7.0
	11	11-07-20	10:20	17.4	77%	7.0
	12	12-07-20	10:20	17.2	80%	7.2
	13	13-07-20	10:20	17.2	80%	7.0
	14	14-07-20	10:20	17.0	80%	7.1
	15	15-07-20	10:20	17.3	76%	7.1
	16	16-07-20	10:20	17.1	72%	7.2
	17	17-07-20	10:20	17.4	70%	7.0
	18	18-07-20	10:20	17.3	70%	7.0
	19	19-07-20	10:20	17.5	74%	6.9
	20	20-07-20	10:20	17.5	75%	7.1
	21	21-07-20	10:20	17.3	75%	7.0
	22	22-07-20	10:20	17.2	75%	7.0
	23	23-07-20	10:20	17.2	77%	6.7
	24	24-07-20	10:20	17.0	75%	6.5
	25	25-07-20	10:20	16.9	75%	6.8
	26	26-07-20	10:20	16.7	80%	6.8
	27	27-07-20	10:20	16.9	80%	7.0
	28	28-07-20	10:20	16.8	80%	7.2
	29	29-07-20	10:20	17.0	75%	7.1
	30	30-07-20	10:20	17.1	75%	7.1
	31	31-07-20	10:20	17.0	75%	7.0
Durante el tratamiento en el lombrifiltro (6° mes)	01	01-08-20	10:20	17.0	75%	7.0
	02	02-08-20	10:20	16.9	73%	6.8
	03	03-08-20	10:20	16.9	70%	7.0
	04	04-08-20	10:20	16.7	75%	7.2
	05	05-08-20	10:20	16.8	75%	7.1
	06	06-08-20	10:20	17.0	75%	7.0
	07	07-08-20	10:20	17.4	78%	7.2
	08	08-08-20	10:20	17.7	80%	7.1

	09	09-08-20	10:20	17.5	80%	7.0
	10	10-08-20	10:20	17.3	80%	6.9
	11	11-08-20	10:20	17.3	76%	7.0
	12	12-08-20	10:20	17.4	73%	7.1
	13	13-08-20	10:20	17.6	70%	7.1
	14	14-08-20	10:20	17.3	70%	7.3
	15	15-08-20	10:20	17.2	73%	7.3
	16	16-08-20	10:20	17.0	75%	7.5
	17	17-08-20	10:20	17.0	75%	7.2
	18	18-08-20	10:20	17.1	78%	7.0
	19	19-08-20	10:20	17.2	78%	7.0
	20	20-08-20	10:20	17.5	80%	7.0
	21	21-08-20	10:20	17.8	80%	6.8
	22	22-08-20	10:20	17.8	80%	6.7
	23	23-08-20	10:20	17.7	75%	6.9
	24	24-08-20	10:20	17.9	75%	6.9
	25	25-08-20	10:20	17.7	77%	7.0
	26	26-08-20	10:20	17.5	77%	7.0
	27	27-08-20	10:20	16.9	75%	7.1
	28	28-08-20	10:20	16.8	80%	7.0
	29	29-08-20	10:20	16.9	80%	7.1
	30	30-08-20	10:20	17.0	80%	7.0
	31	31-08-20	10:20	17.1	75%	7.0
Durante el tratamiento en el lombrifiltro (7° mes)	01	01-09-20	10:20	17.5	75%	7.3
	02	02-09-20	10:20	17.3	75%	7.0
	03	03-09-20	10:20	17.6	72%	7.2
	04	04-09-20	10:20	17.5	70%	7.0
	05	05-09-20	10:20	17.7	70%	6.9
	06	06-09-20	10:20	17.8	75%	7.0
	07	07-09-20	10:20	17.9	75%	7.1
	08	08-09-20	10:20	17.4	75%	7.1
	09	09-09-20	10:20	17.6	77%	7.2
	10	10-09-20	10:20	17.3	75%	7.0
	11	11-09-20	10:20	17.2	75%	7.0
	12	12-09-20	10:20	17.3	78%	6.7
	13	13-09-20	10:20	17.5	80%	6.5
	14	14-09-20	10:20	17.8	80%	6.5
	15	15-09-20	10:20	17.9	80%	6.9
	16	16-09-20	10:20	18.0	77%	7.0
	17	17-09-20	10:20	17.9	75%	7.0
	18	18-09-20	10:20	18.0	75%	7.1
	19	19-09-20	10:20	18.1	75%	7.2
	20	20-09-20	10:20	17.8	70%	7.0

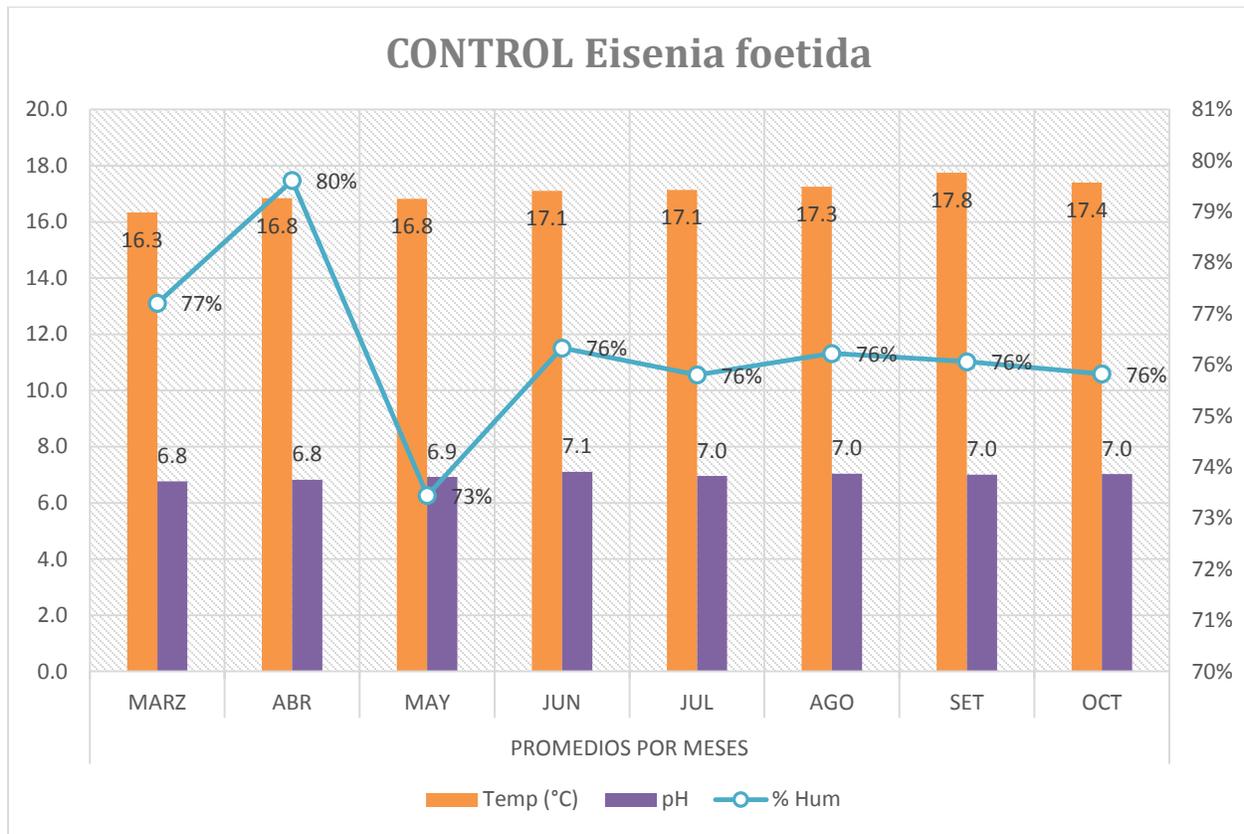
	21	21-09-20	10:20	17.7	75%	7.0
	22	22-09-20	10:20	17.5	75%	7.1
	23	23-09-20	10:20	17.8	78%	7.3
	24	24-09-20	10:20	17.9	77%	7.3
	25	25-09-20	10:20	18.1	80%	7.0
	26	26-09-20	10:20	18.3	80%	7.1
	27	27-09-20	10:20	18.5	80%	7.0
	28	28-09-20	10:20	18.0	80%	7.0
	29	29-09-20	10:20	17.9	78%	6.7
	30	30-09-20	10:20	17.7	75%	6.9
Durante el tratamiento en el lombrifiltro (8° mes)	01	01-10-20	10:20	17.7	75%	6.8
	02	02-10-20	10:20	17.5	75%	7.0
	03	03-10-20	10:20	17.8	72%	7.0
	04	04-10-20	10:20	18.0	70%	7.2
	05	05-10-20	10:20	18.2	70%	7.5
	06	06-10-20	10:20	17.9	75%	7.4
	07	07-10-20	10:20	18.0	70%	7.0
	08	08-10-20	10:20	18.1	73%	7.0
	09	09-10-20	10:20	18.0	75%	7.0

**Tabla 15 Resultados en Función a la Ficha de Control de Eisenia foetida. FUENTE: Elaboración propia.**

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO OPTIMO	PROMEDIOS POR MESES							
			MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
T	°C	15 – 24	16.3	16.8	16.8	17.1	17.1	17.3	17.8	17.4
% Hum	%	70%-80%	77%	80%	73%	76%	76%	76%	76%	76%
pH	--	6.5-7.5	6.8	6.8	6.9	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0

**Tabla 16 Promedios de Parámetros por Meses. FUENTE: Elaboración propia.**

## REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL CONTROL Eisenia foetida



**Ilustración 18 Control Eisenia foetida**

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:

En el cuadro estadístico N° 01 de control de Eisenia foetida con la respectiva representación gráfica en sus resultados demuestran que:

La temperatura en el lecho de las lombrices se mantuvo constante, estos valores dentro del rango permitido que es de 15°C a 24°C para su mejor reproducción y desarrollo de las mismas lombrices durante el tiempo del trabajo de investigación, los resultados del monitoreo diario y los promedios mensuales arrojaron los siguientes datos: desde el inicio en el mes de Marzo 16.3°C, Abril 16.8°C, Mayo 16.8°C, Junio 17.1°C, Julio 17.1°C, Agosto 17.3°C, Setiembre 17.8°C y Octubre 17.4°C.

El porcentaje de humedad para evitar el stress de las lombrices y estas puedan realizar óptimamente el proceso es de 70% a 80%, durante el proceso los porcentajes de humedad variaron entre 73% a 80%, con estos valores se garantizó el mejor desarrollo de lombrices y su producción.

Los valores de pH en el lecho de lombrices tuvieron pequeñas variaciones durante el desarrollo del trabajo de investigación, estos valores son: Marzo 6.8, Abril 6.8, Mayo 6.9, Junio 7.1, Julio 7.0, Agosto 7.0, Setiembre 7.0 y Octubre 7.0. Los valores óptimos para optimizar el proceso son 6.5 a 7.5, esto quiere decir que los valores monitoreados diariamente se mantuvieron en el rango.

De estos resultados se puede deducir que el control de parámetros diarios en el lecho de la Eisenia foetida arrojaron valores óptimos para su desarrollo y producción, todos los valores están dentro de los rangos establecidos. Así lo demuestra la cantidad de huevos y nuevas lombrices que se procrearon en el lecho incrementando su población y por ende mejorando el proceso de descomposición de materia orgánica presente en el agua residual a tratar.

- **Condición Climática de Cusco**

**CUADRO N° 02**

**CONDICION CLIMATICA DE LA CIUDAD DEL CUSCO (FUENTE: ESTACION METEREOLÓGICA DE K'AYRA Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco)**

TEMPERATURA Y PRECIPITACION EN CUSCO								
MARZO	Temperatura (°C) Máx/Mín	Precipitación (mm/día)	ABRIL	Temperatura (°C) Máx/Mín	Precipitación (mm/día)	MAYO	Temperatura (°C) Máx/Mín	Precipitación (mm/día)
1	20°/10°	0.0	1	19°/10°	S/D	1	19°/11°	S/D
2	23°/10°	5.3	2	20°/11°	S/D	2	15°/10°	S/D
3	21°/9°	0.9	3	19°/10°	S/D	3	14°/10°	S/D
4	21°/9°	0.0	4	18°/10	S/D	4	16°/7°	S/D
5	22°/9°	0.5	5	18°/9°	S/D	5	22°/8°	S/D
6	23°/9°	0.0	6	19°/10°	S/D	6	20°/8°	S/D
7	22°/8°	0.0	7	21°/10°	S/D	7	16°/9°	S/D
8	22°/9°	0.0	8	19°/12°	S/D	8	20°/14°	S/D
9	21°/7°	8.8	9	22°/10°	S/D	9	21°/9°	S/D
10	21°/6°	24.4	10	19°/7°	S/D	10	20°/8°	S/D
11	29°/6°	0.0	11	20°/9°	S/D	11	17°/7°	S/D
12	21°/7°	0.0	12	22°/8°	S/D	12	21°/8°	S/D
13	19°/7°	0.0	13	19°/17°	S/D	13	19°/7°	S/D
14	22°/8°	21.2	14	21°/7°	S/D	14	20°/7°	S/D
15	22°/9°	3.1	15	21°/8°	S/D	15	20°/15°	S/D

16	18°/9°	15.0	16	19°/8°	S/D	16	16°/4	S/D
17	20°/6°	0.0	17	15°/10°	S/D	17	20°/5	S/D
18	17°/7°	1.0	18	18°/7°	S/D	18	21°/5°	S/D
19	21°/9°	S/D	19	21°/6°	S/D	19	21°/5°	S/D
20	18°/7°	S/D	20	20°/4°	S/D	20	19°/6°	S/D
21	16°/15°	S/D	21	21°/5°	S/D	21	18°/15°	S/D
22	21°/16°	S/D	22	21°/10°	S/D	22	16°/4°	S/D
23	19°/15°	S/D	23	18°/10°	S/D	23	20°/7°	S/D
24	19°/16°	S/D	24	19°/9°	S/D	24	20°/5°	S/D
25	20°/12°	S/D	25	21°/5°	S/D	25	22°/14°	S/D
26	21°/11°	S/D	26	16°/11°	S/D	26	19°/12°	S/D
27	18°/9°	S/D	27	19°/11°	S/D	27	20°/13°	S/D
28	16°/10°	S/D	28	19°/10°	S/D	28	22°/14°	S/D
29	16°/14°	S/D	29	20°/9°	S/D	29	20°/14°	S/D
30	13°/11°	S/D	30	19°/8°	S/D	30	21°/13°	S/D
31	18°/9°	S/D	--	--	--	31	20°/12°	S/D

**Tabla 17 Condición Climática (Temperatura y Precipitación) Marzo-Abril-Mayo.**

**CONTINUIDAD DEL CUADRO N° 02.**

TEMPERATURA Y PRECIPITACION EN CUSCO								
JUNIO	Temperatura (°C) Máx/Mín	Precipitación (mm/día)	JULIO	Temperatura (°C) Máx/Mín	Precipitación (mm/día)	AGOSTO	Temperatura (°C) Máx/Mín	Precipitación (mm/día)
1	20°/14°	S/D	1	23°/-5°	0.00	1	24°/-5°	0.00
2	20°/2°	S/D	2	24°/-3°	0.00	2	SD/-2°	0.00
3	16°/2°	S/D	3	22°/3°	0.00	3	24°/-7°	0.00
4	17°/12°	S/D	4	23°/-2°	0.00	4	24°/-7°	0.00
5	18°/5°	S/D	5	24°/5°	0.00	5	24°/-4°	0.00
6	15°/12°	S/D	6	22°/2°	0.00	6	23°/-4°	0.00
7	18°/4°	S/D	7	22°/5°	0.00	7	22°/-5°	0.00
8	21°/15°	S/D	8	22°/-2°	0.00	8	24°/-2°	0.00
9	20°/16°	S/D	9	19°/-1°	0.00	9	SD/-3°	0.00
10	21°/3°	S/D	10	22°/1°	0.00	10	22°/-2°	0.00
11	21°/15°	S/D	11	22°/1°	0.00	11	21°/1°	0.00
12	22°/3°	S/D	12	22°/0°	0.00	12	22°/8°	1.0
13	20°/13°	S/D	13	23°/1°	8.2	13	23°/2°	0.00
14	20°/15°	S/D	14	21°/6°	0.00	14	23°/5°	0.00
15	16°/5°	S/D	15	20°/2°	0.00	15	21°/4°	0.00
16	19°/11°	0.00	16	23°/1°	0.00	16	21°/3°	0.00
17	23°/2°	0.00	17	24°/2°	0.00	17	23°/8°	0.00

18	22°/14°	0.00	18	23°/2°	0.00	18	23°/5°	0.00
19	22°/15°	0.00	19	24°/-1°	0.00	19	23°/3°	0.00
20	22°/4°	0.00	20	23°/1°	0.00	20	24°/2°	0.00
21	22°/-1°	0.00	21	23°/-4°	0.00	21	25°/5°	0.00
22	12°/5°	0.00	22	24°/-2°	0.00	22	23°/9°	0.00
23	21°/15°	0.00	23	20°/1°	0.00	23	24°/8°	0.00
24	20°/14°	0.00	24	22°/2°	0.00	24	23°/9°	0.00
25	21°/-1°	0.00	25	19°/3°	0.00	25	24°/5°	0.00
26	21°/-2°	0.00	26	22°/1°	0.00	26	24°/2°	0.00
27	21°/4°	0.00	27	24°/-1°	0.00	27	25°/6°	0.00
28	20°/12°	0.00	28	24°/-2°	0.00	28	25°/2°	0.00
29	20°/12°	0.00	29	21°/0	0.00	29	23°/1°	0.00
30	22°/3°	0.00	30	23°/1°	0.00	30	22°/2°	0.00
--	--	--	31	24°/1°	0.00	31	20°/2°	0.00

**Tabla 18 Condición Climática (Temperatura y Precipitación) Junio-Julio-Agosto.**

**CONTINUIDAD DEL CUADRO N° 02**

<b>TEMPERATURA Y PRECIPITACION EN CUSCO</b>					
<b>SETIEMBRE</b>	<b>Temperatura (°C) Máx/Mín</b>	<b>Precipitación (mm/día)</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>Temperatura (°C) Máx/Mín</b>	<b>Precipitación (mm/día)</b>
1	20°/6°	0.00	1	19°/2°	0.00
2	21°/3°	0.00	2	21°/2°	0.00
3	22°/3°	0.00	3	22°/7°	0.1
4	23°/4°	0.00	4	18°/7°	0.00
5	24°/4°	0.00	5	22°/1°	0.00
6	24°/2°	0.00	6	23°/2°	0.00
7	19°/7°	1.5	7	19°/3°	0.00
8	21°/3°	0.00	8	23°/6°	0.00
9	23°/2°	0.00	9	24°/1°	10.0
10	23°/-2°	0.00	10	23°/2°	0.00
11	24°/4°	0.00			
12	23°/4°	0.00			
13	21°/2°	0.00			
14	19°/3°	0.00			
15	21°/9°	0.00			
16	23°/5°	0.00			
17	21°/3°	0.00			
18	19°/3°	0.00			
19	23°/5°	0.00			

20	23°/7°	0.00
21	24°/5°	0.5
22	24°/7°	0.00
23	22°/5°	0.00
24	22°/-1°	0.00
25	25°/2°	3.3
26	24°/2°	0.3
27	22°/5°	0.00
28	20°/7°	0.00
29	19°/7°	0.00
30	19°/2°	9.0
<b>S/D: sin datos</b>		

**Tabla 19 Condición Climática (Temperatura y Precipitación) Setiembre-Octubre.**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:**

En el cuadro estadístico N° 02 Condición climática de Cusco se puede observar que:

La variación climática es un factor que puede alterar los resultados durante el trabajo de investigación, en la ciudad del Cusco se presentaron los siguientes valores respecto a temperatura: la temperatura máxima fue de 24°C y la mínima fue -4°C. Esto influyo en el agua a tratar variando su temperatura a la hora del proceso, en el lecho del lombrifiltro no hubo mucha variación.

La precipitación pluvial no tuvo mucha presencia en la ciudad, ya que los valores casi diarios fueron de 0.00 mm/día y el valor máximo fue 10.00 mm/día (09-Oct-20). El agua residual a tratar se vio afectada los días con presencia de lluvia, pues alteraban su composición y se arrastraba más sólidos suspendidos.

Con los resultados de los valores facilitados por el estación meteorológica de K'ayra – Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco demostramos que la condición climática influye directamente en la composición del agua a tratar.

- **Control de parámetros del afluente en el sistema.**

#### **CUADRO N° 03**

#### **CONTROL DE PARÁMETROS DEL AFLUENTE EN EL SISTEMA**

<b>RESULTADO DE DATOS DEL FORMATO DE REGISTRO PARA EL CONTROL DE PARAMETROS DEL AFLUENTE DEL SISTEMA</b>						
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>CE</b>	<b>STS</b>	<b>pH</b>	<b>OBSERVACION.</b>
08-03-20	10:20	20.3	1224.0	68.85	7.95	Inicio sistema

09-03-20	10:20	20.3	1224.0	68.85	7.8	STS abundante
10-03-20	10:20	20.4	1224.1	68.87	7.7	STS abundante
11-03-20	10:20	20.2	1223.9	68.89	7.9	STS abundante
12-03-20	10:20	20.3	1223.7	68.88	7.6	STS abundante
13-03-20	10:20	20.0	1223.4	68.85	6.9	---
14-03-20	10:20	20.2	1223.8	68.86	6.8	---
15-03-20	10:20	20.0	1223.9	68.85	6.5	STS abundante
16-03-20	10:20	19.9	1223.9	68.85	6.5	---
17-03-20	10:20	19.9	1223.7	68.80	6.7	---
18-03-20	10:20	19.8	1223.8	68.85	6.6	---
19-03-20	10:20	19.7	1223.9	68.91	6.9	---
20-03-20	10:20	19.9	1224.0	68.87	7.3	Fuerte olor
21-03-20	10:20	19.6	1224.1	68.84	7.5	---
22-03-20	10:20	19.6	1224.2	68.80	7.7	---
23-03-20	10:20	19.9	1224.0	68.83	7.9	---
24-03-20	10:20	20.0	1224.3	68.87	7.9	Fuerte olor
25-03-20	10:20	20.0	1224.0	68.86	8.0	Fuerte olor
26-03-20	10:20	20.2	1224.0	68.88	8.0	Fuerte olor
27-03-20	10:20	20.1	1223.7	68.85	8.5	---
28-03-20	10:20	20.4	1223.5	68.85	8.6	---
29-03-20	10:20	20.6	1223.5	68.87	8.9	---
30-03-20	10:20	20.0	1223.4	68.85	8.5	---
31-03-20	10:20	19.9	1223.3	68.85	8.8	---
01-04-20	10:20	19.7	1223.6	68.89	8.7	---
02-04-20	10:20	19.6	1223.8	68.85	8.3	---
03-04-20	10:20	19.4	1223.9	68.84	8.0	Fuerte olor
04-04-20	10:20	20.0	1224.0	68.83	8.4	---
05-04-20	10:20	20.2	1223.8	68.85	8.6	---
06-04-20	10:20	20.3	1223.7	68.87	8.5	---
07-04-20	10:20	20.1	1223.6	68.89	8.7	---
08-04-20	10:20	20.6	1223.6	68.90	8.3	---
09-04-20	10:20	20.8	1223.5	68.85	8.0	---
10-04-20	10:20	20.9	1223.5	68.82	8.2	---
11-04-20	10:20	21.0	1223.7	68.84	8.1	---
12-04-20	10:20	21.4	1223.7	68.86	8.0	STS abundante
13-04-20	10:20	21.5	1223.7	68.85	7.9	STS abundante
14-04-20	10:20	21.1	1223.8	68.81	7.7	---
15-04-20	10:20	21.6	1223.5	68.80	7.7	---
16-04-20	10:20	21.7	1223.6	68.83	7.9	---
17-04-20	10:20	21.7	1223.6	68.86	8.0	---
18-04-20	10:20	21.7	1223.7	68.86	8.3	---
19-04-20	10:20	21.9	1223.9	68.86	8.3	---
20-04-20	10:20	22.1	1224.0	68.84	8.2	---

21-04-20	10:20	22.0	1223.7	68.84	8.5	Fuerte olor
22-04-20	10:20	22.2	1223.4	68.85	8.6	Fuerte olor
23-04-20	10:20	22.2	1223.4	68.85	8.5	Fuerte olor
24-04-20	10:20	22.5	1223.3	68.88	8.4	Fuerte olor
25-04-20	10:20	22.3	1223.1	68.89	8.8	Fuerte olor
26-04-20	10:20	22.1	1223.0	68.88	8.7	Fuerte olor
27-04-20	10:20	22.0	1222.9	68.90	8.3	Fuerte olor
28-04-20	10:20	22.1	1222.7	68.91	8.0	Fuerte olor
29-04-20	10:20	22.2	1222.8	68.87	8.1	---
30-04-20	10:20	22.4	1223.0	68.84	8.3	---
31-04-20	10:20	22.4	1223.9	68.85	7.9	---
01-05-20	10:20	22.5	1223.9	68.85	7.8	---
02-05-20	10:20	22.6	1224.0	68.86	7.7	---
03-05-20	10:20	22.8	1224.2	68.87	7.9	Coloración oscura
04-05-20	10:20	22.7	1224.2	68.86	8.1	---
05-05-20	10:20	22.8	1224.1	68.86	8.4	---
06-05-20	10:20	22.8	1224.1	68.85	8.5	---
07-05-20	10:20	22.5	1224.3	68.85	8.5	---
08-05-20	10:20	22.6	1224.5	68.83	8.3	---
09-05-20	10:20	22.8	1224.2	68.83	8.4	---
10-05-20	10:20	22.8	1224.0	68.85	8.6	---
11-05-20	10:20	22.3	1223.8	68.81	8.2	Fuerte olor
12-05-20	10:20	22.1	1223.6	68.81	7.9	Fuerte olor
13-05-20	10:20	22.0	1223.7	68.80	7.8	Fuerte olor
14-05-20	10:20	22.4	1223.9	68.83	7.8	Fuerte olor
15-05-20	10:20	22.1	1224.0	68.84	7.7	Fuerte olor
16-05-20	10:20	22.6	1223.7	68.83	8.0	Fuerte olor
17-05-20	10:20	22.7	1223.3	68.83	8.4	Fuerte olor
18-05-20	10:20	22.7	1222.9	68.83	8.5	Fuerte olor
19-05-20	10:20	22.8	1222.7	68.85	8.8	Fuerte olor
20-05-20	10:20	23.0	1222.6	68.85	8.5	Fuerte olor
21-05-20	10:20	23.1	1222.3	68.86	8.3	Fuerte olor
22-05-20	10:20	23.1	1222.0	68.85	8.2	Fuerte olor
23-05-20	10:20	23.4	1222.0	68.86	7.8	Fuerte olor
24-05-20	10:20	23.3	1222.1	68.86	7.7	---
25-05-20	10:20	23.5	1222.2	68.87	7.7	---
26-05-20	10:20	23.2	1222.5	68.57	7.8	---
27-05-20	10:20	23.0	1222.5	68.85	8.1	---
28-05-20	10:20	22.9	1222.6	68.83	8.1	---
29-05-20	10:20	22.8	1222.4	68.85	8.5	Fuerte olor
30-05-20	10:20	22.6	1222.3	68.82	8.4	Fuerte olor
31-05-20	10:20	22.8	1222.2	68.85	8.0	Fuerte olor
01-06-20	10:20	22.7	1222.4	68.85	8.1	Fuerte olor

02-06-20	10:20	22.5	1222.5	68.89	8.3	Fuerte olor
03-06-20	10:20	22.3	1222.0	68.90	8.0	Fuerte olor
04-06-20	10:20	22.9	1222.9	68.91	8.6	Fuerte olor
05-06-20	10:20	22.7	1223.7	68.90	8.6	Fuerte olor
06-06-20	10:20	22.6	1223.6	68.88	8.7	Fuerte olor
07-06-20	10:20	22.8	1223.8	68.86	8.4	Fuerte olor
08-06-20	10:20	22.9	1223.6	68.85	8.3	Fuerte olor
09-06-20	10:20	23.0	1223.7	68.87	8.0	Fuerte olor
10-06-20	10:20	23.1	1223.5	68.85	7.9	Fuerte olor
11-06-20	10:20	23.4	1223.4	68.89	8.0	---
12-06-20	10:20	23.4	1223.1	68.85	8.2	---
13-06-20	10:20	23.5	1223.0	68.88	8.2	---
14-06-20	10:20	23.1	1222.8	68.85	8.4	Coloración oscura
15-06-20	10:20	23.0	1222.7	68.88	8.5	---
16-06-20	10:20	23.0	122.6	68.86	8.1	---
17-06-20	10:20	22.9	1222.2	68.86	8.1	---
18-06-20	10:20	22.7	1222.8	68.82	8.0	Fuerte olor
19-06-20	10:20	22.7	122.9	68.85	7.9	Fuerte olor
20-06-20	10:20	22.6	1223.1	68.81	7.7	Fuerte olor
21-06-20	10:20	22.3	1223.3	68.81	7.6	Fuerte olor
22-06-20	10:20	22.5	1223.4	68.85	7.9	Fuerte olor
23-06-20	10:20	22.6	1223.7	68.80	8.0	Fuerte olor
24-06-20	10:20	22.6	1223.9	68.80	8.1	---
25-06-20	10:20	22.8	1224.1	68.80	8.4	Fuerte olor
26-06-20	10:20	22.9	1224.1	68.80	8.7	Fuerte olor
27-06-20	10:20	22.7	1224.3	68.80	8.4	---
28-06-20	10:20	23.0	1224.2	68.82	8.5	Fuerte olor
29-06-20	10:20	23.0	1224.6	68.82	8.8	Fuerte olor
30-06-20	10:20	23.1	1224.7	68.85	8.7	Fuerte olor
01-07-20	10:20	23.2	1224.9	68.84	8.9	----
02-07-20	10:20	23.0	1224.5	68.84	8.6	Coloración oscura
03-07-20	10:20	23.6	1224.2	68.82	8.5	Fuerte olor
04-07-20	10:20	23.5	1223.9	68.83	8.7	Fuerte olor
05-07-20	10:20	23.0	1223.7	68.83	8.4	Fuerte olor
06-07-20	10:20	23.1	1223.9	68.84	8.8	Fuerte olor
07-07-20	10:20	23.3	1223.8	68.85	8.8	Fuerte olor
08-07-20	10:20	23.0	1223.5	68.85	8.3	Fuerte olor
09-07-20	10:20	22.9	1223.4	68.87	8.3	Fuerte olor
10-07-20	10:20	22.8	1223.8	68.87	8.1	Fuerte olor
11-07-20	10:20	22.5	1223.9	68.88	8.0	Fuerte olor
12-07-20	10:20	22.5	1223.3	68.88	8.2	Fuerte olor
13-07-20	10:20	22.3	1223.2	68.88	8.2	Fuerte olor
14-07-20	10:20	22.1	1223.9	68.88	8.1	Fuerte olor

15-07-20	10:20	22.4	1223.7	68.85	8.3	Fuerte olor
16-07-20	10:20	22.6	1223.8	68.85	8.0	Fuerte olor
17-07-20	10:20	22.7	1223.5	68.84	8.0	Fuerte olor
18-07-20	10:20	22.8	1223.2	68.84	7.7	Fuerte olor
19-07-20	10:20	22.7	1223.1	68.87	7.8	---
20-07-20	10:20	22.9	1223.0	68.87	7.7	---
21-07-20	10:20	23.0	1222.9	68.85	7.3	---
22-07-20	10:20	23.1	1222.8	68.82	7.2	---
23-07-20	10:20	23.3	1223.0	68.82	7.3	Coloración oscura
24-07-20	10:20	23.3	1223.0	68.81	7.2	---
25-07-20	10:20	23.5	1223.1	68.81	7.2	---
26-07-20	10:20	23.5	1223.1	68.83	7.3	Coloración oscura
27-07-20	10:20	23.1	1223.3	68.86	7.4	---
28-07-20	10:20	23.0	1223.2	68.88	7.2	---
29-07-20	10:20	23.0	1223.6	68.88	7.5	---
30-07-20	10:20	23.4	1223.7	68.88	7.5	---
31-07-20	10:20	23.7	1223.4	68.87	7.5	---
01-08-20	10:20	23.6	1223.7	68.86	7.4	Fuerte olor
02-08-20	10:20	23.7	1223.7	68.86	7.6	Fuerte olor
03-08-20	10:20	23.5	1223.8	68.86	7.6	Fuerte olor
04-08-20	10:20	23.8	1223.6	68.86	7.9	Fuerte olor
05-08-20	10:20	23.9	1223.7	68.85	7.7	Fuerte olor
06-08-20	10:20	23.9	1223.8	68.86	7.7	Fuerte olor
07-08-20	10:20	23.3	1224.0	68.86	7.9	Fuerte olor
08-08-20	10:20	23.2	1224.1	68.86	8.0	Coloración oscura
09-08-20	10:20	23.0	1224.6	68.86	8.1	Coloración oscura
10-08-20	10:20	22.9	1224.7	68.86	8.1	Fuerte olor
11-08-20	10:20	22.7	1224.9	68.87	8.3	Fuerte olor
12-08-20	10:20	22.6	1225.5	68.87	8.4	Fuerte olor
13-08-20	10:20	22.3	1225.7	68.84	8.4	Fuerte olor
14-08-20	10:20	22.2	1225.2	68.82	8.6	---
15-08-20	10:20	22.8	1225.9	68.82	8.2	Coloración oscura
16-08-20	10:20	22.6	1225.6	68.82	8.3	---
17-08-20	10:20	22.7	1225.4	68.81	8.3	---
18-08-20	10:20	22.5	1225.9	68.81	8.5	---
19-08-20	10:20	22.3	1225.6	68.80	8.7	---
20-08-20	10:20	22.3	1225.5	68.80	8.9	Coloración oscura
21-08-20	10:20	22.1	1225.8	68.80	8.9	Coloración oscura
22-08-20	10:20	22.1	1225.1	68.87	9.0	---
23-08-20	10:20	22.0	1225.4	68.86	8.7	---
24-08-20	10:20	22.2	1225.3	68.86	8.6	---
25-08-20	10:20	22.3	1224.7	68.88	8.8	---
26-08-20	10:20	22.1	1224.8	68.88	8.5	---

27-08-20	10:20	22.3	1224.5	68.88	8.2	---
28-08-20	10:20	22.5	1224.5	68.85	8.3	Fuerte olor
29-08-20	10:20	22.5	1224.7	68.84	8.2	Fuerte olor
30-08-20	10:20	22.5	1224.9	68.84	8.2	Fuerte olor
31-08-20	10:20	22.7	1225.0	68.83	8.2	Fuerte olor
01-09-20	10:20	22.4	1225.7	68.85	8.3	Fuerte olor
02-09-20	10:20	22.6	1226.2	68.82	8.5	---
03-09-20	10:20	22.2	1225.9	68.82	8.5	---
04-09-20	10:20	22.0	1225.6	68.82	8.4	Fuerte olor
05-09-20	10:20	22.1	1225.6	68.85	8.7	Fuerte olor
06-09-20	10:20	22.0	1225.8	68.85	8.8	---
07-09-20	10:20	22.5	1225.9	68.87	8.8	Fuerte olor
08-09-20	10:20	22.5	1226.2	68.85	8.5	Fuerte olor
09-09-20	10:20	22.4	1226.1	68.87	8.5	Fuerte olor
10-09-20	10:20	22.7	1226.5	68.87	8.6	---
11-09-20	10:20	22.7	1226.7	68.87	8.3	---
12-09-20	10:20	22.9	1226.9	68.87	8.2	---
13-09-20	10:20	22.6	1227.5	68.85	8.7	---
14-09-20	10:20	22.8	1227.8	68.86	8.8	Fuerte olor
15-09-20	10:20	23.0	1227.1	68.85	8.7	Coloración oscura
16-09-20	10:20	23.1	1227.3	68.86	8.5	Coloración oscura
17-09-20	10:20	23.1	1227.5	68.87	8.3	Fuerte olor
18-09-20	10:20	23.2	1227.6	68.87	7.9	Fuerte olor
19-09-20	10:20	23.5	1227.8	68.87	8.1	Fuerte olor
20-09-20	10:20	23.5	1227.4	68.83	7.9	Fuerte olor
21-09-20	10:20	23.1	1227.7	68.80	8.5	Coloración oscura
22-09-20	10:20	23.0	1227.9	68.88	8.7	Fuerte olor
23-09-20	10:20	23.0	1228.3	68.89	8.3	Fuerte olor
24-09-20	10:20	23.3	1228.4	68.87	8.2	Fuerte olor
25-09-20	10:20	23.3	1228.5	68.78	8.3	Coloración oscura
26-09-20	10:20	23.4	1228.8	68.80	8.2	Fuerte olor
27-09-20	10:20	23.1	1228.7	68.87	8.3	---
28-09-20	10:20	23.5	1228.1	68.85	8.9	---
29-09-20	10:20	23.1	1228.6	68.82	8.3	---
30-09-20	10:20	23.4	1227.6	68.70	8.7	---
01-10-20	10:20	23.1	1227.6	68.85	8.4	---
02-10-20	10:20	23.3	1227.5	68.83	8.1	---
03-10-20	10:20	23.6	1227.7	68.84	8.0	---
04-10-20	10:20	23.7	1227.6	68.82	8.1	Fuerte olor
05-10-20	10:20	23.9	1227.4	68.85	8.2	Fuerte olor
06-10-20	10:20	24.0	1228.3	68.83	8.3	Fuerte olor
07-10-20	10:20	24.1	1228.3	68.83	8.5	Fuerte olor
08-10-20	10:20	23.9	1228.7	68.83	8.6	Fuerte olor

09-10-20	10:20	24.2	1228.9	68.72	8.7	Fuerte olor
----------	-------	------	--------	-------	-----	-------------

Tabla 20 Resultado de registro para el control de parámetros del afluente del Sistema. FUENTE: Elaboración propia.

VALORES EVALUADOS DE AGUA RESIDUAL DURANTE EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN									
PARAMETRO	UNID MED	PROMEDIOS							
		MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Temperatura	°C	20.1	21.3	22.8	22.8	23.0	22.7	22.9	23.8
C.E	Us/cm	1223.8	1223.5	1223.3	1186.7	1223.5	1224.8	1227.2	1218.6
S.T.S	mg/l	68.9	68.9	68.8	68.8	68.9	68.8	68.8	68.8
pH	--	7.6	8.3	8.1	8.2	7.9	8.3	8.4	8.3

Tabla 21 Valores evaluados de agua residual durante el desarrollo del trabajo de investigación. FUENTE: Elaboración propia.

#### REPRESENTACIÓN GRÁFICA:

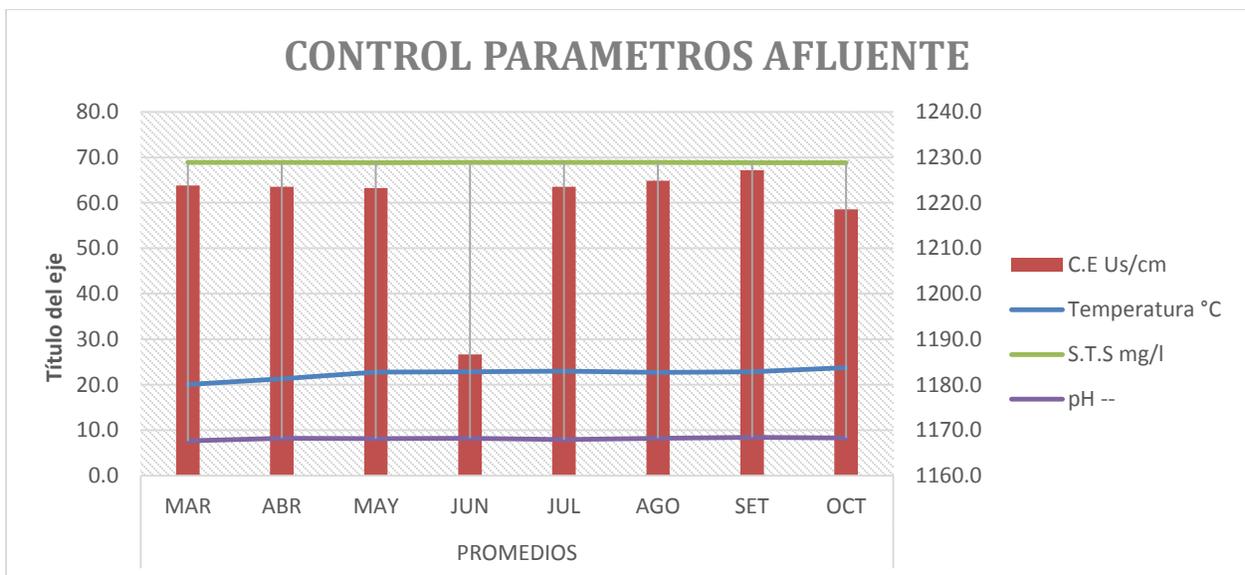


Ilustración 19 Control de parámetros Afluente

#### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:

En el cuadro estadístico N° 03 de control parámetros afluente con la respectiva representación gráfica en sus resultados demuestran que:

La temperatura, parámetro monitoreado diariamente y luego promediados por meses demuestran que los valores obtenidos variaron entre 20.1°C a 23.8°C, esto demuestra que el agua residual tiene una temperatura promedio entre 20°C a 25°C esto según literatura consultada.

La conductividad eléctrica se obtuvo valores de Marzo el primer mes de tratamiento 1223.8 us/cm y Octubre el último mes 1218.6 us/cm. Con los valores obtenidos se deduce que la conductividad eléctrica en el agua residual antes del tratamiento mantuvo cierto margen.

Los Sólidos Totales Suspendidos presentes en el agua residual (afluente) se mantuvo en el rango entre 68.8 mg/l y 68.9 mg/l, esto demuestra que el agua contiene gran cantidad de materia orgánica para ser procesada en el tratamiento del sistema.

El pH monitoreado en el agua residual (afluente) antes del proceso arrojan datos entre 7.6 en Marzo siendo este el valor mínimo un pH ligeramente básico y 8.4 el valor máximo siendo un valor básico.

Con los resultados diarios y promedios mensuales de los parámetros evaluados en el agua residual (afluente) se demuestra que aunque los valores están dentro de los ECA y LMP; pero estos necesitan ser tratados para reducir aún más la contaminación presente en el líquido vital y que esté concluido el proceso puedan ser utilizados para riego o bebida de animales.

- **Control de parámetros del efluente en el sistema.**

#### **CUADRO N°04**

#### **CONTROL DE PARÁMETROS DEL EFLUENTE EN EL SISTEMA**

<b>Resultados de datos del formato de registro para el control de parámetros del efluente en el sistema</b>					
<b>FECHA</b>	<b>HORA</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>CE</b>	<b>STS</b>	<b>pH</b>
08-03-20	10:20	16.0	1224.0	68.85	7.9
09-03-20	10:20	16.3	1224.0	68.84	7.7
10-03-20	10:20	16.5	1224.1	68.83	7.6
11-03-20	10:20	16.0	1223.9	68.80	7.7
12-03-20	10:20	16.6	1223.4	68.77	7.3
13-03-20	10:20	17.0	1223.0	68.74	7.0
14-03-20	10:20	17.3	1223.1	68.70	6.6

15-03-20	10:20	17.0	1223.2	68.67	6.5
16-03-20	10:20	17.4	1223.0	68.63	6.6
17-03-20	10:20	17.6	1223.0	68.61	6.5
18-03-20	10:20	17.9	1223.2	68.58	6.5
19-03-20	10:20	17.8	1223.3	68.52	6.7
20-03-20	10:20	18.0	1223.5	68.49	7.0
21-03-20	10:20	18.3	1223.1	68.45	7.3
22-03-20	10:20	18.7	1223.0	68.41	7.5
23-03-20	10:20	18.5	1223.0	68.38	7.6
24-03-20	10:20	18.3	1223.1	68.33	7.4
25-03-20	10:20	17.8	1222.7	68.30	7.8
26-03-20	10:20	17.9	1222.8	68.27	7.7
27-03-20	10:20	17.5	1221.7	68.21	8.0
28-03-20	10:20	16.5	1222.0	68.17	8.1
29-03-20	10:20	16.3	1222.2	68.14	8.4
30-03-20	10:20	16.9	1221.6	68.09	8.2
31-03-20	10:20	17.0	1221.2	68.04	8.3
01-04-20	10:20	16.4	1221.0	68.00	8.5
02-04-20	10:20	16.5	1221.3	67.96	8.0
03-04-20	10:20	16.7	1221.1	67.93	7.9
04-04-20	10:20	15.6	1221.0	67.88	8.0
05-04-20	10:20	15.0	1222.7	67.82	8.1
06-04-20	10:20	15.5	1222.5	67.79	7.9
07-04-20	10:20	16.3	1221.6	67.75	7.7
08-04-20	10:20	16.0	1221.6	67.70	7.4
09-04-20	10:20	15.8	1220.5	67.67	8.0
10-04-20	10:20	16.0	1220.5	67.62	7.8
11-04-20	10:20	16.0	1220.8	66.59	7.6
12-04-20	10:20	15.5	1220.7	66.54	7.6
13-04-20	10:20	16.0	1220.7	66.51	7.3
14-04-20	10:20	16.2	1220.8	66.47	7.4
15-04-20	10:20	16.5	1220.7	66.40	7.4
16-04-20	10:20	16.5	1220.5	66.36	7.5
17-04-20	10:20	16.8	1220.6	66.31	7.7
18-04-20	10:20	16.9	1220.8	66.28	7.3
19-04-20	10:20	17.0	1220.9	66.25	7.2
20-04-20	10:20	16.5	1221.0	66.21	7.2
21-04-20	10:20	16.7	1221.7	66.16	8.0
22-04-20	10:20	16.9	1221.4	66.11	8.2
23-04-20	10:20	17.1	1221.4	66.07	7.9
24-04-20	10:20	16.7	1221.3	66.02	7.7
25-04-20	10:20	17.3	1220.9	65.95	7.9
26-04-20	10:20	17.7	1220.7	65.91	7.7

27-04-20	10:20	17.5	1220.6	65.87	7.8
28-04-20	10:20	17.0	1220.5	65.83	7.9
29-04-20	10:20	16.9	1220.0	65.79	7.8
30-04-20	10:20	16.5	1220.8	65.74	7.9
31-04-20	10:20	16.7	1220.9	65.70	7.9
01-05-20	10:20	15.9	1220.9	65.68	7.3
02-05-20	10:20	16.0	1220.0	65.62	7.2
03-05-20	10:20	16.4	1219.2	65.59	7.5
04-05-20	10:20	16.5	1219.3	65.53	7.8
05-05-20	10:20	16.5	1219.1	65.47	7.4
06-05-20	10:20	16.8	1219.1	65.41	7.6
07-05-20	10:20	16.4	1218.5	65.37	7.6
08-05-20	10:20	16.1	1218.7	65.33	7.9
09-05-20	10:20	16.0	1217.9	65.29	8.0
10-05-20	10:20	16.0	1218.0	65.25	8.1
11-05-20	10:20	16.5	1217.8	65.20	7.8
12-05-20	10:20	16.9	1217.5	65.16	7.7
13-05-20	10:20	17.3	1217.7	65.12	7.2
14-05-20	10:20	17.1	1217.9	64.93	7.2
15-05-20	10:20	17.2	1218.0	64.89	7.1
16-05-20	10:20	16.9	1217.2	64.85	7.8
17-05-20	10:20	16.6	1217.3	64.81	8.0
18-05-20	10:20	16.5	1216.9	64.73	8.0
19-05-20	10:20	16.7	1216.6	64.70	8.4
20-05-20	10:20	17.1	1216.8	64.68	8.1
21-05-20	10:20	17.0	1216.3	64.65	7.9
22-05-20	10:20	16.8	1216.0	64.61	7.8
23-05-20	10:20	16.6	1215.7	64.57	8.0
24-05-20	10:20	16.4	1215.6	64.54	7.5
25-05-20	10:20	16.8	1215.2	64.50	7.4
26-05-20	10:20	16.7	1215.3	64.46	7.5
27-05-20	10:20	17.0	1215.5	64.42	7.9
28-05-20	10:20	17.1	1215.7	64.39	7.9
29-05-20	10:20	16.9	1215.4	64.35	8.2
30-05-20	10:20	17.4	1214.3	64.32	8.0
31-05-20	10:20	17.0	1215.4	64.27	8.0
01-06-20	10:20	17.2	1215.1	64.24	7.7
02-06-20	10:20	17.5	1215.5	64.21	7.9
03-06-20	10:20	17.5	1214.0	64.19	7.7
04-06-20	10:20	17.9	1214.8	64.17	8.0
05-06-20	10:20	17.9	1214.7	64.13	8.1
06-06-20	10:20	17.7	1214.5	64.06	8.1
07-06-20	10:20	17.7	1215.8	64.00	8.0

08-06-20	10:20	18.0	1214.6	63.89	7.9
09-06-20	10:20	18.1	1214.9	63.83	7.7
10-06-20	10:20	18.1	1215.5	63.80	7.6
11-06-20	10:20	18.3	1214.4	63.78	8.0
12-06-20	10:20	18.2	1214.3	63.75	7.8
13-06-20	10:20	18.0	1214.1	63.72	7.8
14-06-20	10:20	18.0	1213.8	63.66	8.0
15-06-20	10:20	17.9	1214.9	63.63	8.0
16-06-20	10:20	18.2	1214.6	63.59	7.9
17-06-20	10:20	18.1	1214.7	63.55	7.9
18-06-20	10:20	18.4	1214.4	63.51	8.1
19-06-20	10:20	18.5	1213.9	63.47	7.7
20-06-20	10:20	18.5	1213.7	63.42	7.7
21-06-20	10:20	18.5	1213.5	63.39	7.5
22-06-20	10:20	18.3	1213.2	63.35	7.7
23-06-20	10:20	18.5	1213.7	63.28	8.0
24-06-20	10:20	18.5	1214.9	63.26	7.8
25-06-20	10:20	18.1	1214.1	63.21	7.9
26-06-20	10:20	18.0	1214.4	63.17	8.3
27-06-20	10:20	18.0	1214.0	63.14	8.0
28-06-20	10:20	17.9	1214.2	63.10	8.0
29-06-20	10:20	17.8	1213.6	63.03	8.2
30-06-20	10:20	17.5	1213.8	62.99	8.3
01-07-20	10:20	17.5	1213.5	62.97	8.1
02-07-20	10:20	17.3	1212.7	62.88	8.0
03-07-20	10:20	17.7	1212.2	62.84	8.0
04-07-20	10:20	17.7	1212.4	62.79	8.1
05-07-20	10:20	17.6	1212.7	62.76	7.9
06-07-20	10:20	17.6	1212.3	62.71	8.2
07-07-20	10:20	17.9	1212.8	62.68	8.4
08-07-20	10:20	18.0	1212.3	62.63	7.8
09-07-20	10:20	18.3	1212.4	62.68	8.0
10-07-20	10:20	18.3	1212.5	62.55	7.6
11-07-20	10:20	18.4	1212.7	62.56	7.7
12-07-20	10:20	18.1	1213.3	62.51	7.9
13-07-20	10:20	18.1	1213.5	62.47	8.0
14-07-20	10:20	18.2	1213.6	62.36	8.1
15-07-20	10:20	18.3	1213.7	62.22	8.0
16-07-20	10:20	18.0	1213.9	62.14	8.0
17-07-20	10:20	18.0	1213.4	62.07	8.0
18-07-20	10:20	17.9	1212.9	62.00	7.5
19-07-20	10:20	17.9	1212.1	61.95	7.6
20-07-20	10:20	17.7	1212.0	61.89	7.5

21-07-20	10:20	17.9	1211.9	61.85	7.0
22-07-20	10:20	17.6	1211.7	61.81	7.2
23-07-20	10:20	17.6	1211.6	61.78	7.1
24-07-20	10:20	17.5	1211.3	61.74	7.0
25-07-20	10:20	17.5	1211.1	61.70	7.0
26-07-20	10:20	17.7	1211.4	61.67	7.3
27-07-20	10:20	17.9	1211.5	61.63	7.4
28-07-20	10:20	18.0	1212.0	61.59	7.0
29-07-20	10:20	18.0	1212.1	61.52	7.1
30-07-20	10:20	18.2	1211.7	61.47	7.1
31-07-20	10:20	18.1	1211.5	61.41	7.0
01-08-20	10:20	18.2	1212.0	61.38	7.2
02-08-20	10:20	18.0	1211.9	61.33	7.3
03-08-20	10:20	18.3	1211.7	61.24	7.3
04-08-20	10:20	18.3	1211.4	61.18	7.5
05-08-20	10:20	18.0	1210.9	61.09	7.4
06-08-20	10:20	18.0	1210.8	61.00	7.4
07-08-20	10:20	18.1	1211.0	60.96	7.6
08-08-20	10:20	18.4	1211.1	60.94	8.0
09-08-20	10:20	18.2	1211.4	60.87	7.9
10-08-20	10:20	18.2	1212.2	60.82	7.9
11-08-20	10:20	18.0	1211.8	60.77	8.0
12-08-20	10:20	18.4	1211.4	60.75	8.0
13-08-20	10:20	18.6	1211.9	60.69	8.1
14-08-20	10:20	18.6	1211.3	60.62	8.0
15-08-20	10:20	18.5	1211.9	60.58	7.9
16-08-20	10:20	18.2	1212.3	60.56	7.8
17-08-20	10:20	18.0	1212.2	60.51	7.9
18-08-20	10:20	18.0	1211.9	60.48	8.0
19-08-20	10:20	18.1	1211.7	60.44	8.4
20-08-20	10:20	18.0	1211.4	60.40	8.4
21-08-20	10:20	17.9	1211.1	60.36	8.4
22-08-20	10:20	17.7	1210.9	60.32	8.5
23-08-20	10:20	17.9	1210.4	60.28	8.2
24-08-20	10:20	18.0	1210.2	60.21	8.3
25-08-20	10:20	18.1	1209.7	60.16	8.4
26-08-20	10:20	18.0	1209.5	60.07	8.0
27-08-20	10:20	18.0	1209.4	60.01	8.0
28-08-20	10:20	18.0	1209.3	59.95	7.7
29-08-20	10:20	18.2	1209.7	59.92	8.0
30-08-20	10:20	18.0	1209.9	59.87	8.0
31-08-20	10:20	17.9	1209.5	59.83	7.9
01-09-20	10:20	17.8	1210.1	59.79	8.0

02-09-20	10:20	17.9	1210.2	59.72	8.3
03-09-20	10:20	17.9	1209.9	59.68	8.2
04-09-20	10:20	18.0	1208.7	59.61	8.1
05-09-20	10:20	18.0	1208.8	59.57	8.2
06-09-20	10:20	18.1	1208.5	59.54	8.3
07-09-20	10:20	18.2	1208.6	59.49	8.3
08-09-20	10:20	18.2	1208.4	59.45	8.0
09-09-20	10:20	18.5	1208.2	59.41	8.0
10-09-20	10:20	18.5	1208.3	59.35	8.1
11-09-20	10:20	18.3	1208.6	59.29	8.0
12-09-20	10:20	18.3	1208.8	59.23	7.9
13-09-20	10:20	18.4	1208.9	59.16	8.4
14-09-20	10:20	18.1	1208.8	59.10	8.4
15-09-20	10:20	18.0	1208.5	59.06	8.1
16-09-20	10:20	18.1	1208.3	58.99	8.0
17-09-20	10:20	18.2	1208.4	58.93	8.0
18-09-20	10:20	18.0	1207.9	58.87	7.8
19-09-20	10:20	18.3	1207.8	58.80	7.7
20-09-20	10:20	17.9	1207.3	58.78	7.9
21-09-20	10:20	17.6	1207.5	58.73	8.0
22-09-20	10:20	18.2	1207.1	58.67	8.0
23-09-20	10:20	18.2	1207.2	58.64	8.0
24-09-20	10:20	18.4	1206.9	58.58	7.8
25-09-20	10:20	18.5	1206.4	58.52	7.9
26-09-20	10:20	18.4	1206.2	58.47	8.0
27-09-20	10:20	18.3	1206.5	58.44	7.9
28-09-20	10:20	18.1	1207.3	58.39	8.0
29-09-20	10:20	18.0	1207.5	58.37	7.9
30-09-20	10:20	18.4	1208.2	58.31	7.7
01-10-20	10:20	18.6	1208.6	58.25	8.0
02-10-20	10:20	18.3	1209.9	58.14	7.6
03-10-20	10:20	18.6	1210.5	58.03	8.0
04-10-20	10:20	18.7	1210.9	57.95	7.8
05-10-20	10:20	18.6	1210.4	57.91	7.7
06-10-20	10:20	18.7	1210.3	57.88	7.5
07-10-20	10:20	18.5	1210.8	57.83	7.6
08-10-20	10:20	18.8	1210.7	57.72	7.4
09-10-20	10:20	18.9	395.0	57.67	7.46

**Tabla 22 Resultado de Datos del Formato de Registro para el Control de Parámetro del Efluente en el Sistema. FUENTE: Elaboración propia.**

VALORES EVALUADOS DE AGUA RESIDUAL (EFLUENTE) DURANTE EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACION									
PARAMETRO	UNID MED	PROMEDIOS							
		MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Temperatura	°C	17.3	16.5	16.7	18.0	17.9	18.1	18.2	18.6
C.E	Us/cm	1223.0	1221.0	1217.3	1214.4	1212.4	1211.0	1208.1	1214.4
S.T.S	mg/l	68.5	66.7	64.9	63.6	62.2	60.6	59.0	57.9
pH	--	7.4	7.7	7.7	7.9	7.6	7.9	8.0	7.7

Tabla 23 Valores Evaluados de Agua Residual (Efluente) durante el desarrollo del trabajo de investigación. FUENTE: Elaboración propia.

### REPRESENTACIÓN GRÁFICA:

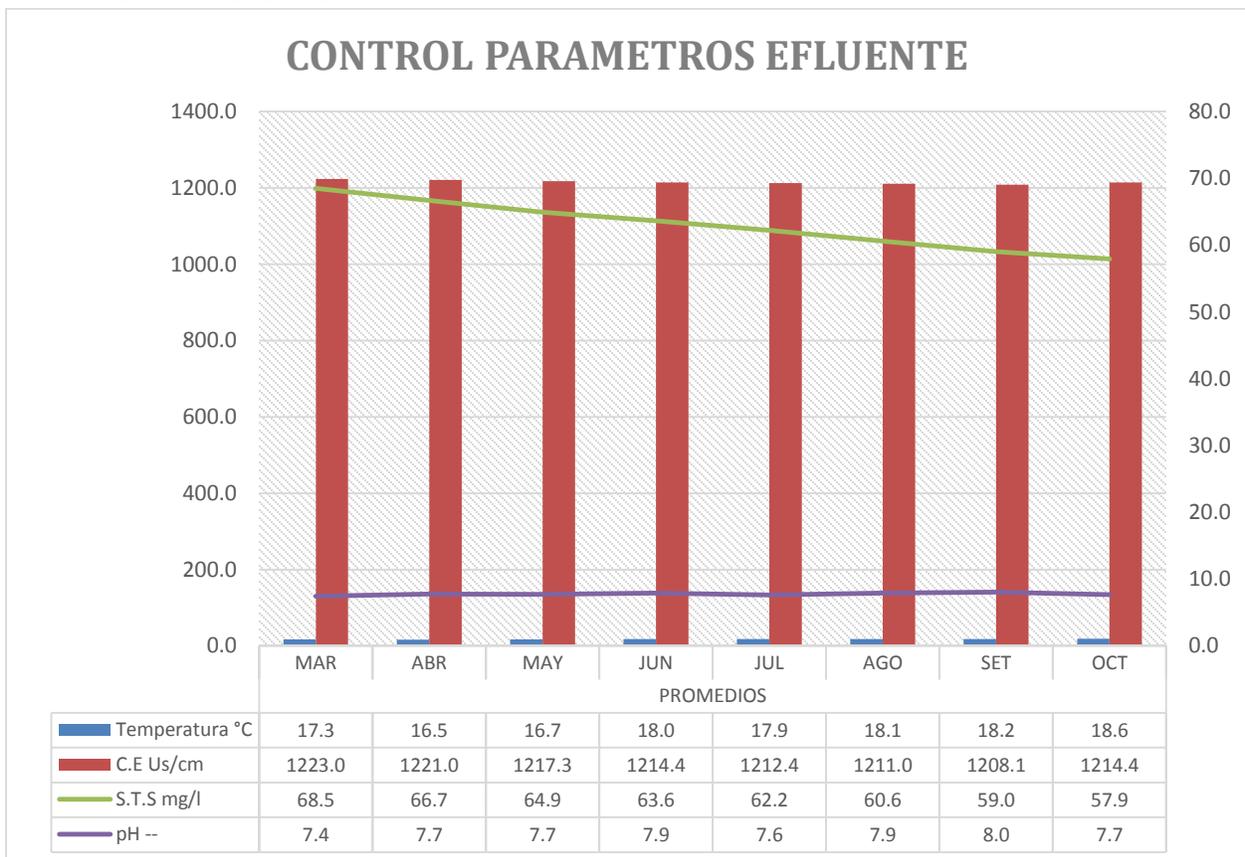


Ilustración 20 Control Parámetros Efluente.

## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:**

En el cuadro estadístico N° 04 de control parámetros efluente con la respectiva representación gráfica en sus resultados se determina que:

La temperatura, parámetro evaluado diariamente arroja valores entre 16.5°C mínimo en Abril hasta máximo 18.6°C en Octubre, estas cifras se encuentran dentro de los valores permitidos tanto en ECA así como en LMP, las cifras mensuales no tuvieron mucha diferencia entre cada mes, las variaciones fueron graduales en el efluente.

De la conductividad eléctrica del agua tratada se obtuvo valores que fueron disminuyendo diariamente en el proceso, se empezó con un promedio del mes de Marzo de 1223 us/cm y de concluyo con el promedio del mes de Octubre de 1214.4 us/cm. Esta disminución demuestra que el sistema es efectivo para reducir las cifras de conductividad eléctrica en el efluente de agua residual.

La presencia de Solidos Totales Suspendidos que al inicio del proceso en Marzo se obtuvo un promedio mensual de 68.5 mm/l y se fue reduciendo mensualmente teniendo como resultado final el de Octubre 57.9 mm/l. demostrando con estos valores que el proceso es efectivo en remover los STS presentes en el agua residual.

El pH evaluado arrojó datos como 7.4 en el primer mes, este pH es ligeramente básico, el pH más alto fue en Octubre con 8.0, estos valores están dentro de los valores adecuados en ECA y LMP, aunque son valores de pH básicos no tuvieron demasiada variación.

Con todos los parámetros evaluados en el efluente podemos deducir que el sistema es efectivo en cuanto a remoción o disminución de dichos parámetros y que se encuentran dentro de los ECA y LMP.

- Análisis en laboratorio de agua residual antes y después del tratamiento.

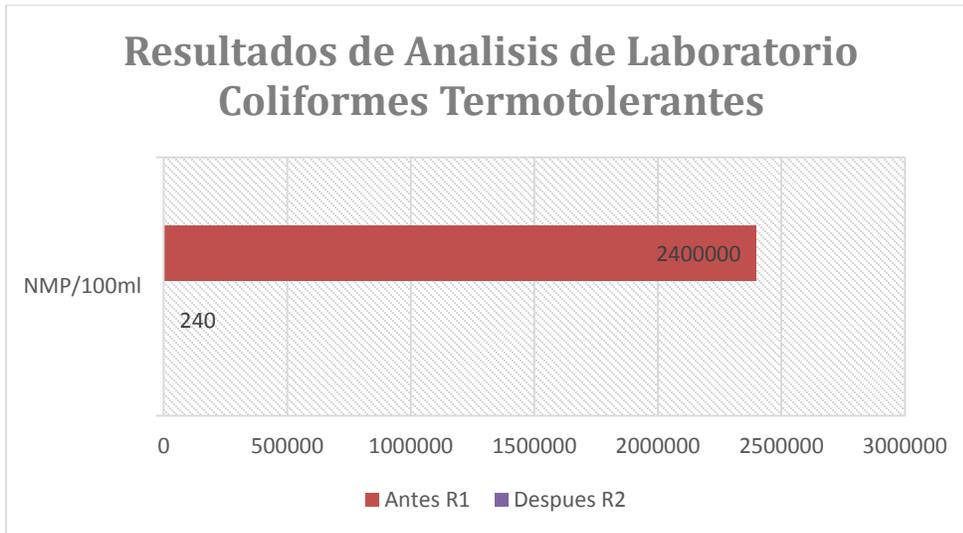
**CUADRO N° 05**

**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO.**

<b>RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE ANALISIS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>RESULTADO 1 (ANTES DEL TRATAMIENTO)</b>	<b>RESULTADO 2 (DESPUES DEL TRATAMIENTO)</b>	<b>RESULTADO FINAL (R1-R2)</b>
<b>Coliformes termotolerantes (44.5°C)</b>	NMP/100 ml	2400000	240	<b>239760</b>
<b>RESULTADOS FISICO – QUIMICOS DE ANALISIS DE LABORATORIO</b>				
<b>DBO5</b>	mg/L	46,79	16,95	<b>29.84</b>
<b>DQO</b>	mg/L	121,60	48,10	<b>73.5</b>
<b>pH</b>	-	7,95	7,46	<b>0.49</b>
<b>STS</b>	mg/L	68,85	< 5	<b>63.85</b>
<b>Aceites &amp; Grasas</b>	mg/L	12,30	7,80	<b>4.5</b>
<b>Temperatura</b>	°C	20,3	18,9	<b>1.4</b>
<b>Turbidez</b>	NTU	3,11	3,07	<b>0.04</b>
<b>Conductividad Eléctrica</b>	us/cm	1224,0	395,0	<b>829</b>

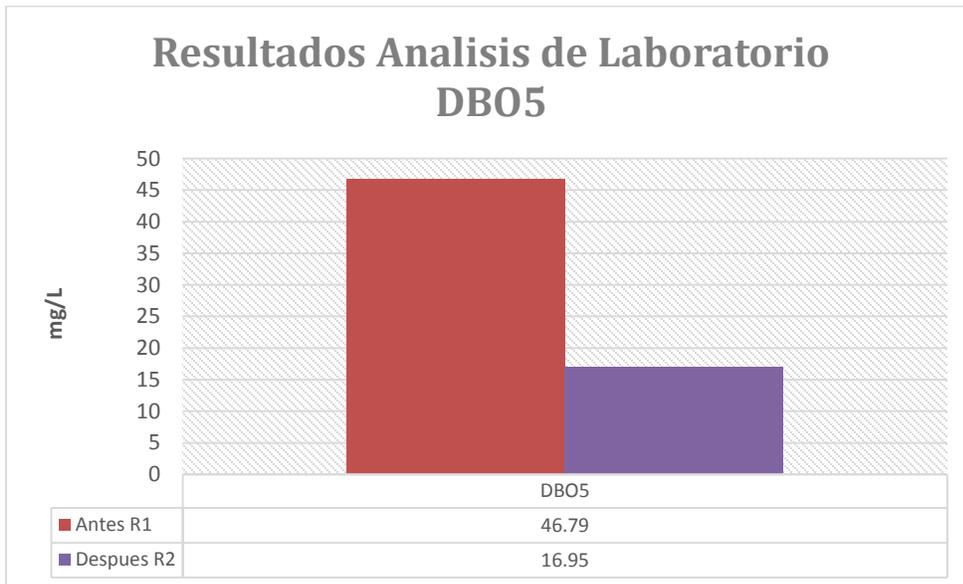
**Tabla 24 Resultados Microbiológicos de Análisis de Laboratorio. FUENTE: Elaboración propia.**

## REPRESENTACIÓN GRÁFICA.



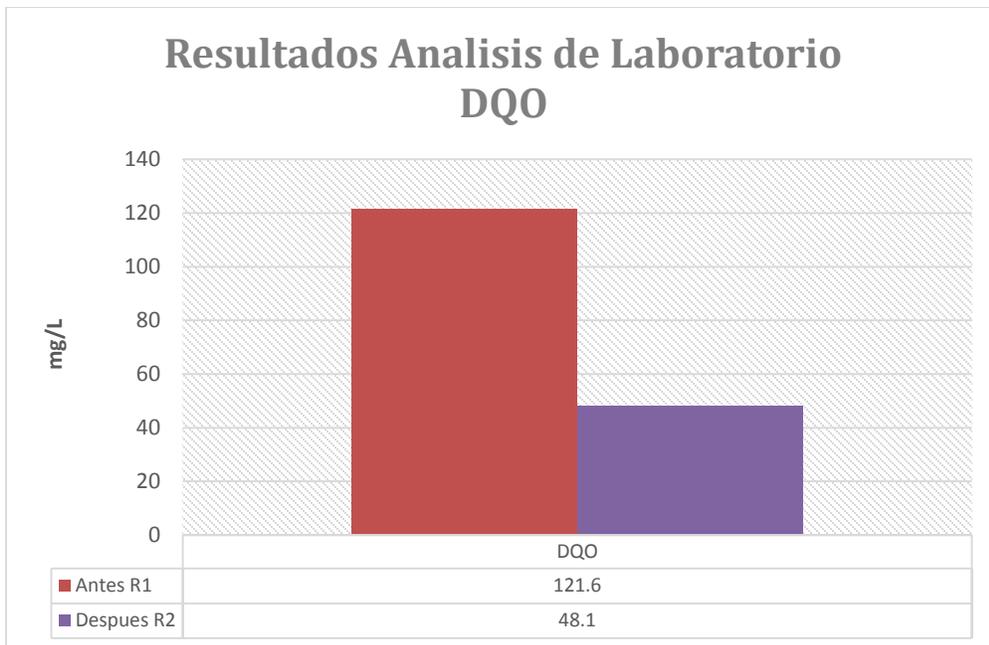
**Ilustración 21 Resultados de Análisis de Laboratorio Coliformes Termotolerantes.**

**FUENTE:** Elaboración propia.



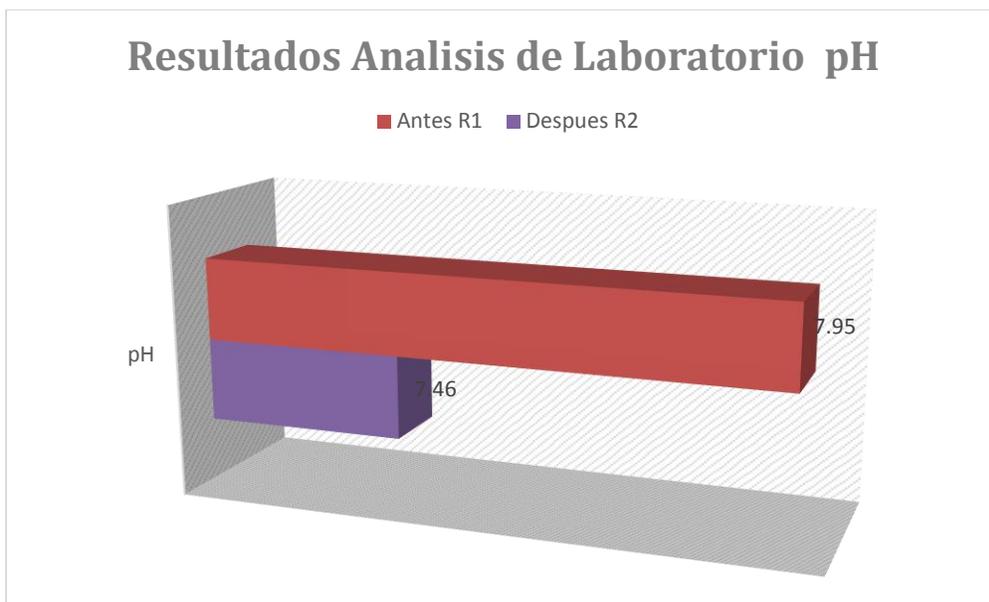
**Ilustración 22 Resultados Análisis de Laboratorio DBO5**

**FUENTE:** Elaboración propia.



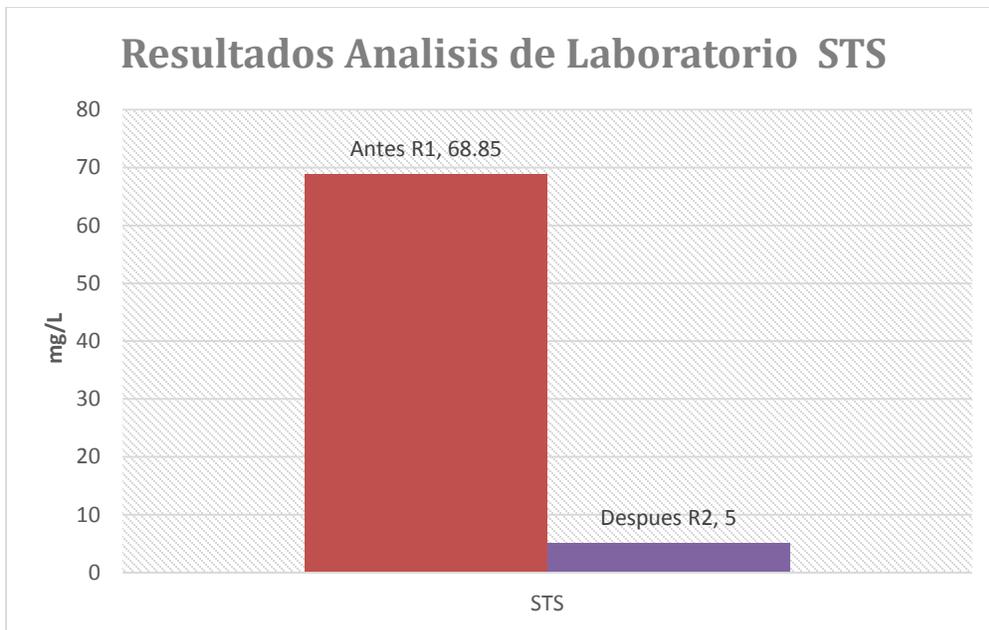
**Ilustración 23 Resultados Análisis de Laboratorio DQO**

**FUENTE:** Elaboración propia.



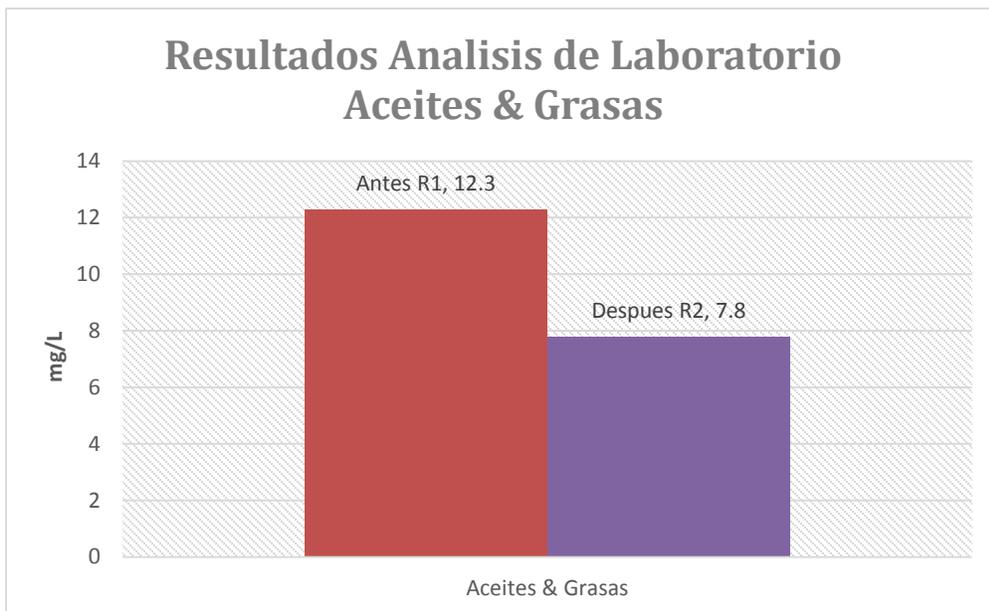
**Ilustración 24 Resultados Análisis de Laboratorio pH**

**FUENTE:** Elaboración propia.



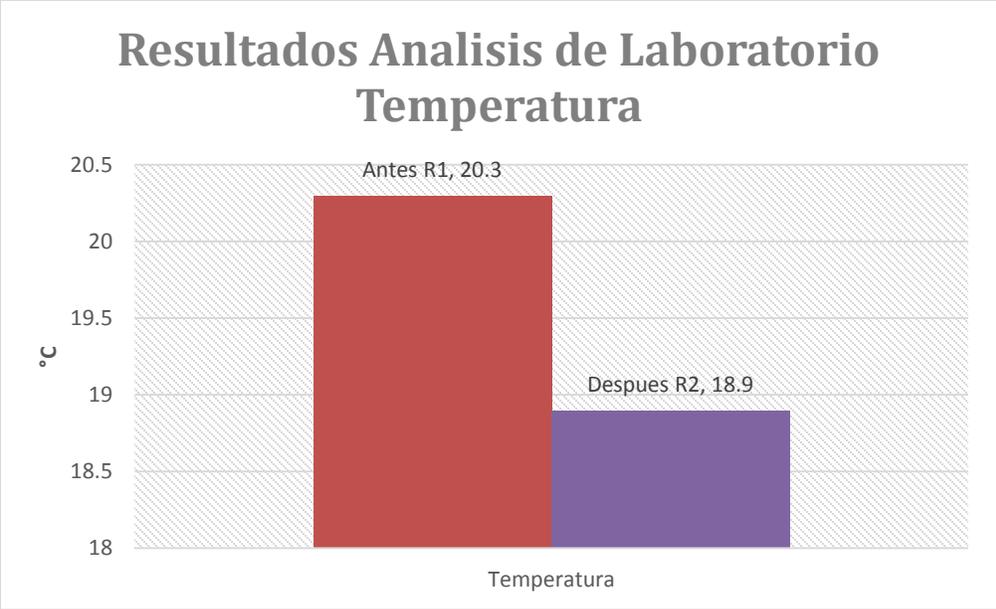
**Ilustración 25 Resultados Análisis de Laboratorio STS**

**FUENTE:** Elaboración propia.



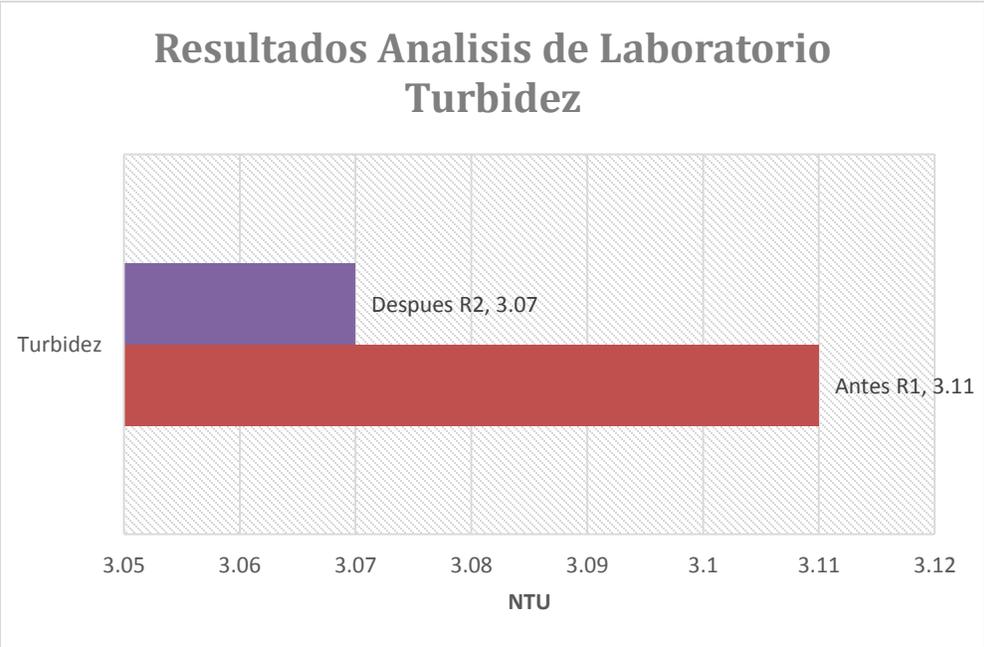
**Ilustración 26 Resultados Análisis de Laboratorio Aceites & Grasas**

**FUENTE:** Elaboración propia.



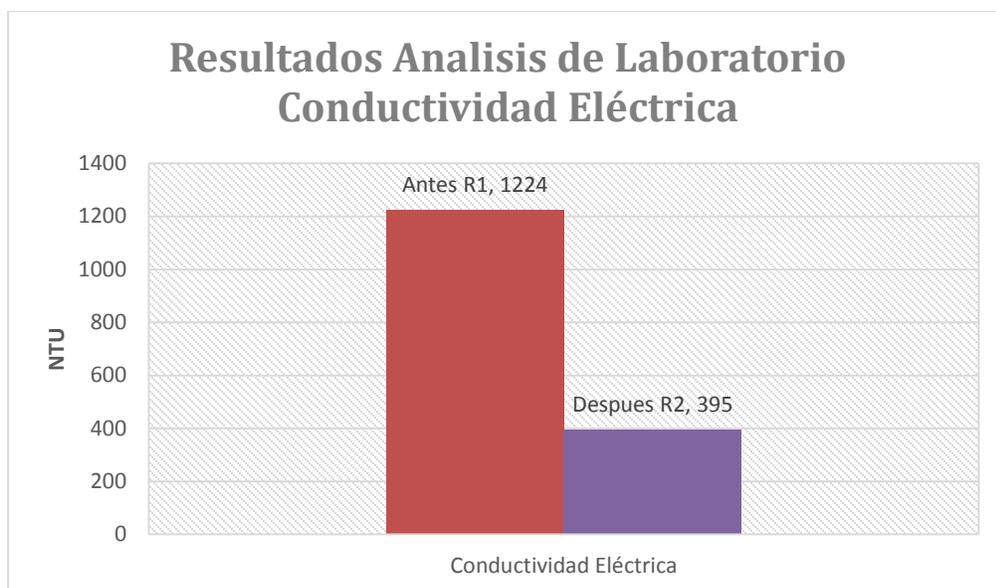
**Ilustración 27 Resultados Análisis de Laboratorio Temperatura**

**FUENTE:** Elaboración propia.



**Ilustración 28 Resultados Análisis de Laboratorio Turbidez**

**FUENTE:** Elaboración propia.



**Ilustración 29 Resultados Análisis de Laboratorio C.E**

**FUENTE:** Elaboración propia.

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:**

En el cuadro estadístico N° 05 resultados de análisis de laboratorio con la respectiva representación gráfica en sus resultados se determina que:

La reducción del valor de Coliformes termotolerables presentes en el agua residual después del tratamiento disminuyo dramáticamente en comparación con los valores iniciales 2400000 NMP/100ml, menos los valores finales 240NMP/100ml se observó una reducción de 239760 NMP/100ml, siendo en porcentajes una reducción de 99%.

El valor de BDO5 entre la resta del análisis inicial 46.79 mg/L y el resultado final 16.95 mg/L nos da 29.84 mg/L; es decir el tratamiento redujo esta cantidad, siendo representada en porcentaje 63.77%.

La diferencia entre el valor inicial de DQO 121.60 mg/L y el valor final de 48.10 mg/L es de 73.5 mg/L, esto demuestra la eficacia del sistema, este valor es representado en porcentaje como 60.45%.

El valor del pH en el agua residual no tuvo mucha diferencia entre el análisis antes 7.95 y después del tratamiento 7.46, la cifra fue de 0.49, es decir el pH se controló en el sistema haciendo ligera su variación, en porcentaje es 1.06%.

La presencia de STS antes 68.85 mg/L y después del tratamiento < 5 tuvo una diferencia de 63.85 mg/L, el tratamiento fue eficaz en la remoción de materia orgánica suspendida, en porcentaje representa 92.74%.

Los valores de Aceites & Grasas antes 12.30 mg/L y después del tratamiento 7.80 mg/L presentan una diferencia de 4.5 mg/L, esto es una variación significativa, puesto que indica que el sistema es eficiente en la remoción de este contaminante, esta diferencia es representada en porcentajes como 36.59%.

Los valores de temperatura evaluada antes fue 20.3°C y después del tratamiento fue de 18.9°C presentaron una diferencia de 1.4°C, quiere decir que se mantuvo una temperatura ideal en el sistema, no hubo mucha variación, en porcentaje se representa como 6.9%.

Los valores de turbidez en el sistema antes es 3.11 NTU y después del tratamiento es 3.07 NTU representa una diferencia de 0.04 NTU que en porcentaje es 1.29%, quiere decir que la claridad del agua mejoro ligeramente.

Los valores de C.E en el agua residual antes fue de 1224.0 us/cm y después del sistema 395 us/cm refleja una diferencia de 829 us/cm, es decir el sistema fue efectivo en la reducción de valores de C.E en porcentajes se representa como 67.73%.

Analizado todos los parámetros evaluados en el sistema antes y después del tratamiento refleja que el sistema de Lombrifiltro con Eisenia foetida es eficaz en la reducción de cantidad de valores, demostrando así que este sistema es óptimo para el tratamiento de aguas residuales.

- Comparación de resultados con ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) Y LMP para efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM).

**CUADRO N° 06**

**COMPARACION DE RESULTADOS CON ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) Y LMP para efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM).**

RESULTADOS DE ANALISIS EN LABORATORIO DE AGUA RESIDUAL TRATADA EN EL SISTEMA								
PARÁMETRO	UNID MEDIDA	ANTES DE PROCE SO	DESPU ES DEL PROCE SO	EFEC TO	GRUPO DE CONTR OL	ECA Categoría 3 DS N°004-2017-MINAM		LMP DS N°003-2010-MINAM
						Riego de cultivos	Bebida para animales	Para efluente PTAR
C.T	NMP/100ml	2400000	240	239760	0	1000-2000	1000	10000
DBO5	mg/L	46,79	16,95	29.84	0	15	15	100
DQO	mg/L	121,60	48,10	73.5	0	40	40	200
pH	-	7,95	7,46	0.49	0	6.5-8.5	6.5-8.4	6.5-8.5
STS	mg/L	68,85	< 5	63.85	0	S/V	S/V	150
Aceites & Grasas	mg/L	12,30	7,80	4.5	0	5	10	20
Temperatura	°C	20,3	18,9	1.4	0	Δ3	Δ3	< 35
Turbidez	NTU	3,11	3,07	0.04	0	S/V	S/V	S/V
Conductividad Eléctrica	us/cm	1224,0	395,0	829	0	2500	5000	S/V

S/V: Sin Valor.  
 Δ3: Variación de 3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

**Tabla 25 Resultados de Análisis en laboratorio de agua residual tratada en el sistema. FUENTE: Elaboración propia.**

COMPARACION ANTES DEL TRATAMIENTO CON ECA Y LMP						
PARAMETRO	UNID MED	ANTES DEL TRATAMIENTO	ECA Categoría 3 DS N°004-2017-MINAM		LMP DS N°003-2010-MINAM	RESULTADO
			Riego de cultivos	Bebida para animales		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	2400000	1000-2000	1000	10000	ECA: No LMP: No
DBO5	mg/L	46,79	15	15	100	ECA: No LPM: Sí
DQO	mg/L	121,60	40	40	200	ECA: No LMP: Sí
Ph	-	7,95	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	6.5-8.5	ECA: Sí LMP: Sí
STS	mg/L	68,85	S/V	S/V	150	ECA: -- LMP: Sí
Aceites & Grasas	mg/L	12,30	5	10	20	ECA: No LMP: Sí
Temperatura	°C	20,3	Δ3	Δ3	< 35	ECA: Sí LMP: Sí
Turbidez	NTU	3,11	S/V	S/V	S/V	ECA: -- LMP: --
C.E	us/cm	1224,0	2500	5000	S/V	ECA: Sí LMP: --
S/V: Sin Valor.						
Δ3: Variación de 3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.						

Tabla 26 Comparación antes del tratamiento con ECA y LMP. FUENTE: Elaboración propia.

## **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:**

En el cuadro estadístico N° 06 de Comparación de resultados con ECA y LMP (antes del tratamiento) en sus resultados se determina que:

Los valores iniciales en coliformes termotolerantes son de  $24 \times 10^5$  NMP/100ml, estos sobrepasan los límites tanto para ECA para riego de cultivos y bebida para animales es 1000 NMP/ml y para LMP es 10000 NMP/ml, quiere decir que la presencia de coliformes termotolerables es muy alta y estas agua muchas veces son usadas para riego de hortalizas de tallo corto.

El valor para DBO5 es de 46.79 mg/L pasa los valores para ECA siendo 15 mg/L para riego de cultivos y bebida para animales; sin embargo esta dentro del rango de LMP que es de 100 mg/L.

El valor inicial de DQO es de 121.60 mg/L está fuera de los valores de ECA ya que tanto para riego de cultivos como para bebida de animales el valor es de 40 mg/L, pero se encuentra dentro de LMP que tiene el valor de 200 mg/L.

El resultado inicial de pH es de 7.95, este valor se encuentra dentro del rango establecido tanto para ECA riego de cultivos 6.5 a 8.5 y bebida para animales 6.5 a 8.4 y los valores para LMP son 6.5 a 8.5.

El valor de STS antes del sistema es de 68.85 mg/L está dentro de LMP que es de 150 mg/L, no se encuentra valores especificados para ECA.

Para el valor inicial de Aceites & Grasas es de 12.30 mg/L, este valor sobrepasa los valores establecidos para ECA siendo los siguientes: para riego de cultivos 5 mg/L y bebida para animales 10 mg/L, sin embargo se encuentra dentro del valor establecido para LMP que es de 20 mg/L.

El valor de temperatura antes del tratamiento es de 20.3°C el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos en ECA para riego de cultivos y bebida para animales es  $< 3$  y para el valor de LMP es de  $< 30$ .

El valor inicial para turbidez es de 3.11 NTU, no se encuentra especificado los valores óptimos para ECA y LMP.

Para C.E el valor inicial es de 1224.0 us/cm el cual se encuentra dentro de los valores establecidos para ECA en riego de cultivos 2500 us/cm y bebida para animales 5000 us/cm, no se encuentran valores para LMP establecidos.

Al realizarse el análisis al agua residual antes del tratamiento y obtener su resultado demostró que la mayoría de los parámetros estaban dentro de los valores de LMP, excepto coliformes termotolerables; sin embargo en comparación con los parámetros para ECA categoría 3, los análisis están sobrepasando los valores establecidos. Es necesario que se realicen un tratamiento adecuado para estas aguas que se pueda disminuir los valores registrados para que estas aguas sean óptimas para el uso en diferentes sectores.

<b>COMPARACION DESPUES DEL TRATAMIENTO CON ECA Y LMP</b>						
<b>PARAMETRO</b>	<b>UNID MED</b>	<b>DESPUES DEL TRATAMIENTO</b>	<b>ECA Categoría 3</b>		<b>LMP DS N°003-2010-MINAM</b>	<b>RESULTADO</b>
			<b>DS N°004-2017-MINAM</b>			
			<b>Riego de cultivos</b>	<b>Bebida para animales</b>		
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	NMP/100 ml	240	1000 - 2000	1000	10000	ECA: Sí LMP: Sí
<b>DBO5</b>	mg/L	16,95	15	15	100	ECA: No LPM: Sí
<b>DQO</b>	mg/L	48,10	40	40	200	ECA: No LMP: Sí
<b>Ph</b>	-	7,46	6.5 – 8.5	6.5 – 8.4	6.5-8.5	ECA: Sí LMP: Sí
<b>STS</b>	mg/L	< 5	S/V	S/V	150	ECA: -- LMP: Sí
<b>Aceites &amp; Grasas</b>	mg/L	7,80	5	10	20	ECA: No riego; Sí bebida. LMP: Sí
<b>Temperatura</b>	°C	18,9	Δ3	Δ 3	< 35	ECA: Sí LMP: Sí
<b>Turbidez</b>	NTU	3,07	S/V	S/V	S/V	ECA: --

						LMP: --
<b>C.E</b>	us/cm	395,0	2500	5000	S/V	ECA: No riego; Sí bebida LMP: --
<b>S/V: Sin Valor.</b>						
<b>Δ3: Variación de 3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.</b>						

**Tabla 27 Comparación después del tratamiento con ECA y LMP. FUENTE: Elaboración propia.**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:**

En el cuadro estadístico N° 06 de Comparación de resultados con ECA y LMP (después del tratamiento) en sus resultados se determina que:

Los valores después del tratamiento respecto a coliformes termotolerantes son de 240 NMP/100ml, estos se encuentran dentro de los límites tanto para ECA para riego de cultivos y bebida para animales es 1000 NMP/ml y para LMP es 10000 NMP/ml, quiere decir que el tratamiento es efectivo para la remoción de coliformes termotolerantes y estas aguas pueden ser utilizadas con normalidad.

El valor para DBO5 es de 16.95 mg/L, esta cifra pasa los valores para ECA siendo 15 mg/L para riego de cultivos y bebida para animales; pero está dentro del rango de LMP que es de 100 mg/L.

El valor al finalizar el tratamiento de DQO es de 48.10 mg/L el cual está fuera de los valores de ECA ya que tanto para riego de cultivos como para bebida de animales el valor es de 40 mg/L, sin embargo se encuentra dentro de LMP que tiene el valor de 200 mg/L.

El resultado de pH al concluir el tratamiento es de 7.64, este valor se encuentra dentro del rango establecido tanto para ECA riego de cultivos 6.5 a 8.5 y bebida para animales 6.5 a 8.4 y los valores para LMP son 6.5 a 8.5.

El valor de STS después del tratamiento en el sistema es de <5 mg/L está dentro de LMP que es de 150 mg/L, no se encuentra valores especificados para ECA, el sistema demostró ser eficaz para la remoción de STS.

Para el valor final de Aceites & Grasas es de 7.8 mg/L, este valor sobrepasa el valor establecidos para ECA para riego de cultivos 5 mg/L, pero para bebida para animales 10 mg/L se encuentra dentro del margen. También se encuentra dentro del valor establecido para LMP que es de 20 mg/L. el sistema demostró ser óptimo para a reducción de este parámetro.

El valor de temperatura después del tratamiento es de 18.9°C el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos en ECA para riego de cultivos y bebida para animales es < 3 y para el valor de LMP es de < 30. Se mantuvo una ligera variación.

El valor final para turbidez al concluir el tratamiento es de 3.07 NTU, no se encuentra especificado los valores óptimos para ECA y LMP; pero el sistema demostró que puede reducir este valor óptimamente.

Para C.E el valor final es de 395 us/cm el cual se encuentra dentro de los valores establecidos para ECA en riego de cultivos 2500 us/cm y bebida para animales 5000 us/cm, no se encuentran valores para LMP establecidos. Se demostró una drástica reducción de este parámetro antes y después del sistema.

El sistema demostró ser eficiente en la reducción de los parámetros como coliformes termotolerantes en un 99%, pero un poco ineficientes en reducción de parámetros de DBO5 y DQO para que se encuentren dentro de los valores establecidos en ECA categoría 3, sin embargo los valores obtenidos si se encuentran adecuados para LMP para efluentes de PTAR. Esto nos indica que el sistema si funciona y si da calidad adecuada para ser aplicada en una escala mayor.

- Comparación entre distintos sistemas.

**CUADRO N° 07**

**COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS: LOMBRIFILTRO (TOHÁ – E. foetida), Biofiltro convencional, PTAR y Lumbricus terrestris.**

<b>COMPARACION DE EFECTIVIDAD ENTRE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>					
<b>PARAMETRO</b>	<b>UNID MEDID</b>	<b>Lombrifiltro TOHÁ (E. foetida)</b>	<b>Biofiltro convencional</b>	<b>PTAR</b>	<b>Lumbricus. terrestris</b>
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	NMP/100ml	99%	99.99%	99% - 100%	87.86%
<b>DBO5</b>	mg/L	63.77%	94.17 – 95.83%	50% - 70%	91.94%
<b>DQO</b>	mg/L	60.45%	---	60% - 90%	92.66%
<b>pH</b>	---	1.06%	---	---	4.61%
<b>STS</b>	mg/L	92.74%	54.27 – 75%	70% - 90%	11.86%
<b>Aceites &amp; Grasas</b>	mg/L	36.59%	88.11 – 89.69%	45%	3.34%
<b>Temperatura</b>	°C	6.9%	---	---	3.03%
<b>Turbidez</b>	NTU	1.29%	95 – 99%	70%	---
<b>C.E</b>	us/cm	67.73%	---	---	36.36%

**Tabla 28 Comparación de efectividades entre sistemas de tratamiento de aguas residuales. FUENTE: Elaboración propia.**

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN:**

El tratamiento de agua residual con el lombrifiltro de Eisenia foetida en comparación con los demás tratamientos demuestra tener una eficacia de 99% en remoción de Coliformes Termotolerantes, sin embargo la que demuestra mayor eficacia es el biofiltro convencional presenta un 99.99% y la PTAR con una eficacia de 99% a 100% con aplicación de Luz UV, el que es menos eficaz es el biofiltro con Lumbricus terrestris con tan solo un 87.86%.

La remoción de DBO5 en el lombrifiltro con *E. foetida* demostró una remoción de 63.77% en comparación con el biofiltro convencional que remueve entre un 94.17% a 95.83%, demostrando su eficacia, y la PTAR remueve un 50% a 70%, por último el tratamiento con *L. terrestris* remueve un 91.94%, demostrando así que todos los procesos son eficaces en la disminución de este valor.

En la remoción de DQO el lombrifiltro con *E. foetida* remueve un 60.45%, la PTAR 60% a 90% y el biofiltro con *L. terrestris* remueve un 92.66%.

En la remoción de pH el lombrifiltro con *E. foetida* remueve un 1.06% con el biofiltro con *L. terrestris* un 4.61%, puesto que las aguas residuales antes de su tratamiento eran bastante ácidas.

En los valores de STS el lombrifiltro con *E. foetida* tiene la capacidad de remover un 92.74%, el biofiltro convencional remueve entre 54.27% a 75%, la PTAR 60% a 85% y el biofiltro con *L. terrestris* un 11.86%.

En la cantidad de aceites & grasas el lombrifiltro con *E. foetida* tiene la capacidad de remover un 36.59%, mientras que el biofiltro convencional remueve entre 88.11% a 89.69%, la PTAR remueve un 45%, y el biofiltro con *L. terrestris* remueve un 3.34%.

En el control y remoción de la temperatura del agua residual después del proceso el lombrifiltro con *E. foetida* remueve el 6.9% y el biofiltro con *L. terrestris* un 3.03%.

La turbidez es removidos en porcentaje con el lombrifiltro de *E. foetida* un 1.29%, el biofiltro convencional remueve entre 95% a 99%, es eficaz, la PTAR remueve un 70%.

El valor de conductividad eléctrica es removido con una eficacia de 67.73% con el lombrifiltro de *E. foetida* y con el biofiltro con *L. terrestris* se remueve un 36.36%.

Con todos los valores en porcentajes analizados entre sí con diferentes procesos para el tratamiento de aguas residuales, podemos observar que unas son más eficientes que otras, pero cada uno de estos tratamientos puede mejorarse y utilizarse en diferentes zonas, con variación de contaminantes por la cantidad de población o condiciones externas.

El lombrifiltro con *Eisenia foetida* demuestra ser muy eficaz y por este motivo se puede aplicar en zonas rurales con poblaciones pequeñas.

## **Comprobación y Verificación de las Hipótesis de la Investigación.**

Se define como una hipótesis a una idea que puede ser o no verdadera basándose en la información previa, son respuestas o explicaciones tentativas del fenómeno a investigar. El valor de la hipótesis habita en la capacidad de establecer mayor relación entre los hechos y así explicar por qué se producen, generalmente antes se plantean las razones por las cuales uno pretende que algo es posible y finalmente ponerla en conclusión. La hipótesis es utilizada en la rama científica a través de los experimentos, pues formulada después de revisar bibliografía sobre el tema que se investiga, se debe entender que aunque la hipótesis sea errónea es una prueba que nos llegó a la verdad respecto al fenómeno estudiado.

- **Hipótesis General**

La aplicación de *Eisenia foetida* es efectiva en el proceso de tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2019.

En la hipótesis formulada anticipadamente referida a la aplicación de la *Eisenia foetida* para demostrar su efectividad en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, de acuerdo a los resultados obtenidos la capacidad la *Eisenia foetida* respecto a remover los contaminantes presentes en el agua residual es alto, pues como se explica en el cuadro N° 05 Resultado de Análisis de Laboratorio, que tiene una efectividad del 90% respecto a la remoción y/o reducción de los valores de contaminantes presentes en el agua tratada, se demuestra que de acuerdo a los resultados obtenidos se determina que la hipótesis es alterna o se afirma, porque se demostró que durante el tratamiento los niveles de Coliformes termotolerantes presentaron una reducción del 99%, en niveles de DBO5 la reducción fue de 63.77%, en DQO la reducción fue 60.45%, el nivel de pH en 1.06%, en presencia de STS la reducción fue 92.74%, en Aceites & Grasas fue de 36.59%, en Temperatura la reducción presente es de 6.9%, en turbidez 1.29% y por último en C.E los valores redujeron en 67.73%, para esta contrastación se toma en consideración referencia de trabajos de investigación realizados en las ciudades de Bagua por Acuña Marrufo José E. y Reyes Sánchez Jhean J. ,Chiclayo por Paico Revilla Deyvis y en Lima por Loro Ocampos Ana C., puesto que dedujeron que este sistema es eficaz para la remoción de Coliformes termotolerantes, ya que como resultado de ambas investigaciones se concluyó en 97%

y 99% respectivamente. En cambio se presentaron problemas en la hora de la remoción de parámetros como DBO5, DBO, STS, C.E. ya que ambas investigaciones hacían comparación entre dos tipos de biofiltros.

- **Hipótesis Específicos.**

Los resultados experimentales obtenidos en el sistema demostraron la efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales así lo demuestra el cuadro N° 05 Resultado de Análisis de Laboratorio, con este cuadro se concluye que la Eisenia foetida es efectiva para este proceso demostrando una efectividad de 90%, por lo tanto la hipótesis número 01 es alterna, en este sentido también se toma en referencia a modo de realización de la contratación de los resultados con una investigación realizada en la ciudad de Bagua por Acuña Marrufo José E. y Reyes Sánchez Jhean J. que hace una comparación entre dos especies distintas de lombrices, la Eisenia foetida y Lumbricus terrestris, en el cual tienen una efectividad de 73% y 63% respectivamente.

En las hipótesis 02 y 03 formuladas anteladamente sobre el proceso de descomposición del materia orgánica presente en el agua residual mediante E. foetida, las condiciones ambientales y estructura morfológica de la E. foetida que determinan la capacidad descomponedora de materia orgánica, se demuestra con el cuadro N° 01 Control de Eisenia foetida que el ambiente favorable y control de parámetros como temperatura (15°C a 24°C), porcentaje de humedad (70% a 80%) y pH (6.5 a 7.5) influyen en el desarrollo normal de las lombrices y el cuadro N° 02 Condición Climática de Cusco que son temperaturas máximas/mínimas y las precipitaciones pluviales registradas en la ciudad, influye en las condiciones en las que se encontraran los efluentes del sistema, entonces se definen a estas hipótesis como alternas o afirmativas de acuerdo a los resultados; porque llevando el monitoreo adecuado sobre estos parámetros y mantenerlos dentro de los rangos permitidos nos asegura un adecuado proceso y se evita que las lombrices sufran de stress afectando su desarrollo normal e interrumpir todo el sistema y el posterior resultado.

Sobre la hipótesis numero 04 referida a las condiciones actuales del tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, es deficitaria debido a la descarga de efluentes en cuerpos acuáticos de manera informal a consecuencia de la administración

de recursos hídricos se comprobó que el sistema de alcantarillado y saneamiento básico en el distrito es carente, ya que durante el desarrollo del trabajo de investigación las descargas continuaron evidenciándose en el cuadro N° 03 Control de Parámetros del Afluentes en el Sistema, el monitoreo diario de los parámetros como Temperatura, C.E, STS y pH, demostrando que los contaminantes se mantuvieron constantes con ligeras variaciones, así también no se observó ningún plan para el manejo de agua residual de parte de las autoridades, por lo expuesto esta hipótesis es alterna.

Respecto a las hipótesis 05 y 06 sobre el cumplimiento de la aplicabilidad de las normas ambientales para descarga de aguas y los ECA, favorables respecto a efluentes tratados de aguas residuales, y a la existencia de mecanismos adecuados para determinar la calidad de agua tratada en función al cumplimiento de la normativa ambiental para el rehúso de las mismas en riego, bebida de animales y consumo humano, lo demuestran los cuadros N° 05 Resultados de Análisis de Laboratorio y el cuadro N° 06 Comparación de Resultados con ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) y LMP para efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM), en los cuales los resultados de los análisis antes del tratamiento de los parámetros: Coliformes termotolerantes  $24 \times 10^5$  NMP/100ml no se encuentra dentro del rango establecido por ECA Categoría 3, ya que los valores apropiados varían entre 1000 NMP/100ml y 2000 NMP/100ml, BQO5, ni en LMP que es 10000 NMP/100ml, por lo que se concluye que el agua tiene en mayor cantidad este parámetro. En cuanto a los valores de DBO5, DQO, pH, STS, Aceites & Grasas, Temperatura, Turbidez y C.E si se encuentran dentro de los LMP; pero no dentro de los ECA Categoría 3, con los resultados después del tratamiento se evidencia que los niveles de Coliformes Termotolerantes disminuyo a 240 NMP/100ml, por lo tanto se encuentra dentro de los valores establecidos en ECA Categoría 3 y en los LMP, en cuanto a los valores de DBO5 y DQO con 16.95 mg/L y 48.10 mg/L respectivamente no se encuentran dentro de los ECA Categoría 3; sin embargo si están dentro de los LMP, por lo tanto la hipótesis es alterna, porque si existen normativas ambientales respecto a descarga de aguas estas son los ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) y LMP para descarga de efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM), y los valores analizados en laboratorio fueron comparados con los valores establecidos en la normativa y se verifico su cumplimiento demostrando eficacia del sistema.

De acuerdo a las posibilidades anteladas para el desarrollo y formulación de una propuesta estratégica a manera de formular alternativa de solución, para el tratamiento de aguas residuales son apropiadas, en vista de que no existen en la actualidad métodos establecidos y definidos para poder basarse, existen otros métodos más comunes que tienen resultados limitados para el tratamiento de aguas residuales y que estas tiene un impacto positivo con el ambiente, es por esto que la hipótesis es alterna, porque la aplicación sistemas para tratamiento de aguas residuales no generan residuos, son fáciles de operar, son económicas y son aplicables en todo tipo de entorno, así queda demostrado en el cuadro N° 07 Comparación entre Sistemas: Lombrifiltro (Tohá- E. foetida), biofiltro convencional, PTAR y Lumbricus terrestris, el cual se compararon los porcentajes de efectividad en la remoción de contaminantes en cada sistema independientemente tomando como referencia trabajos de investigación realizados en las ciudades de Bagua por Acuña Marrufo José E. y Reyes Sánchez Jhean J. ,Chiclayo por Paico Revilla Deyvis y en Lima por Loro Ocampos Ana C. que aguardan similitud con el presente trabajo de investigación.

## V. CONCLUSIONES

1. El personal encargado de saneamiento básico de la EPS SEDACUSCO en la ciudad y el equipo involucrado en este trabajo es ineficiente, puesto que la vigilancia de las conexiones clandestinas no se efectúan, es deber de las municipalidades y de la EPS SEDACUSCO hacer el monitoreo y fiscalización de dichas instalaciones para tener un adecuado manejo y control de las aguas residuales producidas por la población y que estas a su vez no sean descargadas en los ríos, de esta manera se mejorara la calidad de vida en la población y la calidad ambiental en el trayecto del río.
2. El sistema para el tratamiento de aguas residuales a través de *Eisenia foetida*, demostró ser funcional puesto que los resultados de laboratorio indican que la capacidad de reducción de los valores evaluados antes y después del tratamiento concuerdan con los valores óptimos en LMP para descarga de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM), y cumplen con los ECA Categoría 3 (DS N° 004-2017-MINAM) en los parámetros de coliformes termotolerantes, STS, Aceites & Grasas, Temperatura y Conductividad Eléctrica; pero no en DBO5 y DQO. Un sistema de tratamiento de aguas residuales, es carente en la realidad situacional del trabajo de investigación, siendo esta de mucha ayuda para un adecuado tratamiento de las aguas residuales generadas por la población que actualmente es un problema ambiental, puesto que el sistema únicamente se aplicó en proyectos de investigación a pequeña escala en comparación con el sistema aplicado en Viña del Mar-Chile, donde se aplicó a una escala mayor a nivel de poblaciones pequeñas.
3. El sistema aplicado no genera residuos como lodos activados en una PTAR, ni vectores de contaminación o transmisión de enfermedades como moscas u otros insectos, en vista de que el tratamiento con *Eisenia foetida*, aprovecha al máximo la materia orgánica presente en el agua a tratar y esta se convierte luego en humus como subproducto, pues en conjunto con las lombrices se generan una rica flora bacteriana que también consume materia orgánica, este proceso genera un valor adicional al sistema, además cumple con las normas de descarga de efluentes, es fácil de operar y muestra una eficiencia equivalente a tecnologías tradicionales, este

sistema que puede ser aprovechado por los habitantes del lugar donde se piensa aplicar a mayor escala.

4. Los valores obtenidos como resultados del trabajo de investigación, demuestran la efectividad de la *Eisenia foetida* para este tipo de tratamiento, en vista que las lombrices pertenecientes al Reino Animal, Subreino Metazoos, Clase Anélido, Orden Oligochatea, Familia Lumbricidae, Genero *Eisenia* y Especie *Foetida*, son capaces de transformar eficazmente materia orgánica, presente en el agua residual, esta especie se caracteriza por adaptarse rápidamente a su ambiente, además no sufren o transmiten enfermedad alguna, esto lo convierte en un ser óptimo para el tratamiento de aguas residuales, es de gran importancia el control de los factores externos como la temperatura ambiental y precipitación pluvial; pero también los factores en el lecho como son temperatura, humedad y potencial de hidrogeno (pH) para generar condiciones ambientales favorables, y asegurar una mejor producción y reproducción de las mismas. Es necesario controlar adecuadamente la temperatura entre 15°C a 24°C, la humedad entre 70% a 80% y el pH entre 6.5 a 7.5 en el lecho, si estos valores se ven alterados sería letal para las lombrices, puesto que afectaría su metabolismo debido a su epidermis formado por células sensitivas fotorreceptoras.
5. El sistema es aplicable en todo tipo de entorno por sus múltiples beneficios como son: la nula generación de lodos, el bajísimo en consumo de energía, bajo en costo de obras civiles, simplicidad en operación y manejo, cumple con las normas ambientales Peruanas (Límites Máximos Permisibles D.S. N° 004-2010-MINAM), no es necesario la aplicación de reactivos químicos, salvo para la desinfección final, no genera olores, tiene una eficiencia similar a sistemas tradicionales y no es necesario el uso de sedimentador secundario. Y porque se adecua perfectamente al entorno pues no genera un impacto ambiental negativo, este sistema de tratamiento de aguas residuales es eminentemente natural y sería muy beneficioso en localidades rurales para evitar la contaminación de los ríos o lagunas y posteriormente evitar que la población adquiera enfermedades por el mal manejo de sus aguas residuales.
6. Se observa que la población es carente de información y no toma conciencia sobre la grave contaminación del agua al que nos enfrentamos a diario, pues esta misma

no respetan las normas ambientales existentes, la informalidad es un factor agravante a esta situación, existen pocas campañas de educación ambiental, muchas de estas involucran solo a un sector de la población, mientras tanto el resto sigue contaminando los cuerpos acuáticos, es necesario la implementación de normas rigurosas para que la población adopte una responsabilidad social y ambiental.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Es conveniente la aplicación de *Eisenia foetida* para en tratamiento de aguas residuales y con mayor incidencia se puede desarrollar por las municipalidades de la región del Cusco, aplicando este sistema para poblaciones pequeñas, puesto que su costo de obra civil es bajo, el mantenimiento y operación es fácil. De esta manera se protegerá de mejor forma los recursos naturales y a la población, evitando que adquieran enfermedades gastrointestinales y enfermedades inmunodepresoras, etc. por el mal manejo de sus aguas residuales y que el agua usado para riego y bebida de animales sea la adecuada.
2. Para mejorar el sistema se puede utilizar carbón mineral en el estrato inferior a la malla Raschel y poder filtrar mejor el agua, es necesario también la adecuada aireación en el lecho de lombrices para que estas efectúen mejor el proceso, se debe abarcar con riego todo el sistema para evitar colmatación, por último se puede instalar una cámara de desinfección final con luz UV al efluente del lombrifiltro y así optimizar el sistema.
3. La población no toma conciencia sobre la contaminación del agua al que nos enfrentamos a diario, para poder superar se debe crear acuerdos intersectoriales entre las autoridades municipales, organizaciones vinculadas a saneamiento básico y conservación ambiental y la población general, para la debida protección del ambiente y los recursos naturales, estos acuerdos deben abarcar normativas acerca de instalación de desagües adecuados, correcciones de instalaciones clandestinas y descarga de residuos sólidos a los cuerpos acuáticos, generando así conciencia y responsabilidad ambiental, que nos ayude a la mejor conservación ambiental.
4. Los municipios como órganos autónomos de la administración de sus recursos financieros y las acciones de fiscalización, deben implementar y replicar el sistema para tratamiento de aguas residuales con *Eisenia foetida*, puesto que les recae según normativa velar sobre la aplicación y mejoría de saneamiento básico y por ende, la calidad de vida de los pobladores. También es de su competencia el cumplimiento de normas ambientales respecto al manejo de aguas residuales y la conservación de la naturaleza.

5. Las autoridades al promover y desarrollar el sistemas no tradicionales para el tratamiento de aguas residuales sus localidades contribuyen al cuidado del ambiente y de los recursos naturales, estas acciones constituyen la formación de conciencia ambiental desde las autoridades hasta la población en general. Este sistema de lombrifiltro con *Eisenia foetida* en comparación con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR es adaptable a cualquier entorno, su construcción no es muy costosa, crea beneficios extra siendo este el humus y no genera vectores de contaminación en comparación con una PTAR, que su costo de construcción es alto, necesita mayor mano de obra para su mantenimiento, genera lodos activados y producen olores desagradables. Se demostró que el lombrifiltro Tohá con *Eisenia foetida* es igual de eficaz que una PTAR en remoción de contaminantes.
6. Al implementar este sistema de lombrifiltro con *Eisenia foetida* para el tratamiento de aguas residuales, se asegura la sostenibilidad del proyecto, produciendo un impacto positivo en la sociedad y que el proyecto de tratamiento de aguas residuales a través *Eisenia foetida* como metodología, que tiene funcionabilidad duradera frente al principal problema de la población, siendo el manejo de las aguas residuales y adecuado manejo del recurso hídrico desarrollando sosteniblemente para las futuras generaciones acoplado tanto la conservación ambiental, el desarrollo económico y la cohesión social en este proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.V.F, I. A. (2003). Programa para la Descontaminación de Aguas, Biofiltro. *Fundacion para la Transparencia Tecnolgica, Universidad de Chile*.
- Acuña Marrufo, J., & Reyes Sanchez, J. (2015). *Repositorio UNTRM*. Obtenido de Eficiencia de Lumbricus Terrestris Y Eisenia Foetida en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua - Amazonas, 2015: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1208>
- Aicedo Campoverde, J. A. (Marzo de 2015). *DSPACE SPOCH Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de Diseño, construcción y evaluación de un prototipo biológico compuesto de Eisenia foetida y agave filifera, para el tratamiento de aguas residuales en la granja del ministerio de agricultura, acuicultura, ganadería y pesca – Aicedo Campoverde, Jenniffer -: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6321>
- Arias Isaza, C. (2005). Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales. *Revista Científica José María Córdova*, 40-44. Obtenido de REDALYC.ORG: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476259066011>
- Atauje Calderon, T. (30 de 12 de 2014). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/TomsCaldern/universo-poblacin-y-muestra>
- Camacho, J. A., & Ordoñez, L. J. (2008). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de recuperación de aguas residuales con Eichhornia Crassipes para el pos tratamiento del efluente del reactor anaerobio a flujo pistón de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga. (Tesis de Pregrado)*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, Bolivia.
- Castro Castellanos, E. (2019). *Repositorio Institucional Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/22771>
- Chávez, P. (1994). Lombricultura. En *Lombricultura, Centro de promoción de la lombricultura* (pág. 50). Lima: CEPROLA.
- Coronel Pazmiño, N. P. (Julio de 2015). *DSPACE SPOCH Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de Diseño e implementación a escala de un biofiltro Tohá en la esPOCH para la depuración de aguas residuales domésticas procedentes de la comunidad Langos La Nube – Coronel Pazmiño, Nancy Patricia - Escuela superior politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuad: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4802>
- D.S N° 004-2017-MINAM, E. p. (07 de 06 de 2017). Arpueban Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para agua . *Diario Oficial El Peruano*, págs. 10-19.
- D.S. N° 003-2010-MINAM, L. e. (16 de 03 de 2010). Aprueban LMP para los efluentes de PTAR. *Diario Oficial El Peruano*.
- D.S. N° 015-2015-MINAM, E. A. (19 de 12 de 2015). Modifican Estandares Nacionales de Calidad Ambiental y Establecen Disposiciones Complementarias para su aplicación. *Diario Oficial El Peruano*.
- Diaz, E. (abril de 2012). *Guía de lombricultura*. Rioja: Municipio de Rioja.
- DL N°365, M. d. (08 de 04 de 1991). *Decreto Legislativo N° 365*. Lima.

- Elizabeth, D. E. (2012). *Metodología de la Investigación Educativa*. Cusco: Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Fernandez Cirelli, A. (03 de 12 de 2012). *Quimica Viva*. *Redalyc*, 148-151.
- Galvis, J., & Rivera, X. (2013). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) de la Empresa Jugos Hit de la Ciudad de Pereira*. Pereira - Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Gil Pulido, B. (08 de 07 de 2012). *IAGUA*. Obtenido de IAGUA: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-gil/biotecnologia-ambiental-y-tratamiento-de-aguas>
- Glynn, H. J., & Heinke, G. W. (1999). *Ingeniería Ambiental*. México: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- GORECUSCO, & IMA. (2011). *TRATAMIENTO Y GESTION DE RIESGOS DE INUNDACIONES Y EROSION RIBEREÑA EN ZONAS URBANAS Y AGRICOLAS UBICADAS EN EL CAUCE DEL RÍO HUATANAY EN LA REGION DEL CUSCO*. Cusco: Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente. Obtenido de Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación 6ª Edición*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos; Baptista Lucio, Maria. (2018). *Metodología de la Investigación Quinta Edición*. México: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA.
- Hugo Sánchez Carlessi ; Carlos Reyes Meza. (1996). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*. Lima: Editorial Mantaro.
- Javier Vazquez, E. (21 de 08 de 2017). *ECOSIGLOS*. Obtenido de ECOSIGLOS: <https://ecosiglos.com/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-y-soluciones/>
- Lacrampe. (2009). *Aguas Residuales*.
- Ley N° 26842, L. G. (15 de 07 de 1997). *ESSALUD*. Obtenido de [http://www.essalud.gob.pe/ietsi/pdfs/tecnologias\\_sanitarias/1\\_Ley\\_26842-1997-Ley-General-de-Salud-Concordada.pdf](http://www.essalud.gob.pe/ietsi/pdfs/tecnologias_sanitarias/1_Ley_26842-1997-Ley-General-de-Salud-Concordada.pdf)
- Ley N° 29338, L. d. (30 de 03 de 2009). Ley de Recursos Hídricos. *Diario Oficial El Peruano*.
- Ley N° 29972, L. O. (27 de 05 de 2003). *Congreso*. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/BCD316201CA9CDC A05258100005DBE7A/\\$FILE/1\\_2.Compendio-normativo-OT.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BCD316201CA9CDC A05258100005DBE7A/$FILE/1_2.Compendio-normativo-OT.pdf)
- Ley N°28611, L. G. (15 de 10 de 2005). Ley General del Ambiente. *Diario Oficial El Peruano*.
- Loro Ocampos, A. C. (2018). *Repositorio Academico Universidad Científica del Sur*. Obtenido de Evaluación de la eficiencia del tratamiento secundario de aguas residuales domésticas utilizando un biofiltro con eisenia foetida y un biofiltro convencional.: <https://hdl.handle.net/20.500.12805/567>

- Loyola Lavín, F. A. (Octubre de 2015). *GAIA ANTARTICA UNIVERSIDAD DE MAGALLANES*. Obtenido de Tratamiento de Aguas Residuales en la Antártica : [http://www.antarticarepositorio.umag.cl/bitstream/handle/20.500.11894/972/Loyola a%20Lavin%20F.\\_Tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20en%20la%200antartica\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.antarticarepositorio.umag.cl/bitstream/handle/20.500.11894/972/Loyola%20Lavin%20F._Tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20en%20la%20antartica_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Luna Loayza, C., & Ayma Román, K. A. (30 de 11 de 2018). *Repositorio Universidad Andina del Cusco*. Obtenido de Repositorio Universidad Andina del Cusco: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/2551>
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- MANANTIAL, S. (2000). *MANANTIAL CHILE S.A.* Obtenido de MANANTIAL CHILE S.A.: <http://www.manantial.cl>
- Martines Cerdas, C. (02 de 10 de 1996). *Potencial de la Lombricultura: Elementos básicos para su desarrollo*. México: Gobierno de México. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/1624/3/13101281TT.pdf>
- Mejía, P. (02 de 10 de 1993). *Agroflor lombricultura*. villarreal: Agroflor. Obtenido de <http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
- Mendez, C., & Pérez, J. (2007). *Procesos para el tratamiento biológico de las aguas residuales industriales*. La Habana: Félix Barrera - Editorial Universitaria.
- Mendivil Riveros, R. (06 de 2002). *GESTION DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO HUATANAY Y LA CONCERTACION PARA EL TRATAMIENTO DE PROBLEMAS AMBIENTALES*. Cusco: IMA. Obtenido de IMA: [https://www.ima.org.pe/publicaciones/experiencias/PUB\\_huatanay.pdf](https://www.ima.org.pe/publicaciones/experiencias/PUB_huatanay.pdf)
- Merino Yépez, M., & Amador Chalco, H. (Diciembre de 2019). *Repositorio Digital Universidad Andina del Cusco*. Obtenido de Determinación de la eficiencia de tratamiento de aguas residuales en los sistemas del C.P. de Huacoto y de la margen derecha del distrito de Saylla: <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/3547>
- NationalGeographic. (08 de 11 de 2017). *nationalgeographic*. Obtenido de nationalgeographic: [nationalgeographic.com](http://nationalgeographic.com)
- OEFA. (abril de 2014). *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- OMS. (28 de 07 de 2010). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/recognition\\_safe\\_clean\\_water/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/recognition_safe_clean_water/es/)
- Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales*. Bogotá: Acodal.
- Paico Revilla, D. (2017). *Repositorio Digital Universidad César Vallejo*. Obtenido de Sistema Tohá para el tratamiento de aguas residuales de la Universidad Cesar Vallejo (Tesis de Pregrado): <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10890>
- Quezada, P. (2001). *Planta de Tratamiento de Residuos Industriales Lácteos. Tesis: Ingeniero de Construcción*. Temuco-Chile: Universidad de la Frontera.
- Ramalho, R. S. (1996). *Introduction to Wasterwater Treatment Processes, Second Edition*. Barcelona: REVERTÉ S.A. .

- Reyes Farje, J., & Morales Rojas, E. (2019). *Revista Científica UNTRM*. Obtenido de Eficiencia del tratamiento de aguas residuales utilizando lombrices californianas (*Eisenia foétida*) y el jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*), Chachapoyas, 2018: <http://dx.doi.org/10.25127/ucni.v2i1.445>
- Salazar Miranda, P. (2005). *Universidad Austral de Chile*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/bmfcis161s/doc/bmfcis161s.pdf>
- Salazar, E. (2003). Abonos organicos y plasticultura COD y TEC. En *Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED* (pág. 24). México. Obtenido de [http://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/UCS/567/TL-Loro\\_Ocampos.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/UCS/567/TL-Loro_Ocampos.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Schuldt, M. (1994). *Repositorio Institucional de la UNLP*. Obtenido de Lombricultura, Viveros Domésticos *Eisenia foetida*: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/47183>
- SEDACUSCO, E. (s.f.). *EPS SEDACUSCO*. Obtenido de EPS SEDACUSCO: <https://www.sedacusco.com/?s=ptar>
- Shi, Y., Zhang, G., Liu, J., Zhu, Y., & Xu, J. (30 de 01 de 2015). *Agua Residual*. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/humedales-artificiales-como-sistemas-naturales-de-depuracion-de-aguas-residuales-conceptos-e-historia#:~:text=Los%20humedales%20artificiales%20son%20zonas,procesos%20f%C3%ADsicos%20%20biol%C3%B3gicos%20y%20qu%20>
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica 4° Edición*. México: Editorial Limusa S.A Grupo Noriega Editores .
- Tejero Monzón, J., Esteban Garcia, A., & De Florio, L. (2012). Tecnologías de biopelícula innovadoras para la depuración de aguas residuales:veinticinco años de investigación del Grupo de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria. *Hispagua*, 61-73.
- Tineo, A. (1994). *Crianza y Manejo de Lombrices de Tierra*. Turrialba: CATIE.
- Tohá, J. (03 de 10 de 2000). *Sistema Tohá*. Obtenido de <https://sistematoha.cl/newSistematoha/sistema-toha/>
- Vizcaíno Mendoza, L., & Fuentes Molina, N. (Junio de 2016). *SCIELO*. Obtenido de Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262016000100022](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022)
- We are Water, R. (22 de 03 de 2017). *We are Water*. Obtenido de [https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia\\_281141](https://www.wearewater.org/es/aguas-negras-el-rastro-de-nuestra-historia_281141)

## ANEXOS

### Anexo 1 Declaratoria de Autenticidad del Autor.



#### Declaratoria de Autenticidad de la Autora

Yo, CARTAGENA ROSELL MILAGROS MARGARETH, con DNI 75084890 egresada de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de Pregrado y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "EFECTIVIDAD DE LA EISENIA FOETIDA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN, PROVINCIA Y REGIÓN DEL CUSCO, 2020", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación / Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis provenientes de otras fuentes.
3. No ha sido duplicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Apellidos y Nombre del Autor: Cartagena Rosell, Milagros Margareth	
DNI: 75084890	Firma: 
ORCID: 0000-0002-3217-9645	

Lima, 20 de julio de 2021

## Anexo 2 Declaratoria de Autenticidad del Asesor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "EFECTIVIDAD DE LA EISENIA FOETIDA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN, PROVINCIA Y REGIÓN DEL CUSCO, 2020", del autor CARTAGENA ROSELL MILAGROS MARGARETH, constato que la Investigación cumple con el Índice de similitud establecido, y 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 Investigación / 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.

Lima, 20 de julio de 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO DNI: 44553815 ORCID 0000-0002-8578-4259	

### Anexo 3 Resumen de Criterios de Búsqueda.

<b>Tipo de documento</b>	<b>Documentos referidos a</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Palabras clave de búsqueda</b>	<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterios de exclusión</b>
Artículo científico	Lombricultura	5	Eisenia foetida	Lombricultura y Eisenia foetida.	--
Artículo científico	Sistema Tohá	4	Tohá	Sistema Tohá, diseño, operación y aplicación.	--
Artículo científico	Tratamiento de aguas residuales	5	Sistemas no convencionales de tratamiento	Humedales artificiales, Bioprocesamiento y Bioadsorción, Biopelículas.	--
Libro	Lombricultura	6	Eisenia foetida,	Características físicas, ciclo reproductivo, cualidades, condiciones favorables para su habitat, humus de lombriz.	--
Libro	Tratamiento de aguas residuales	4	Agua residual	Tratamiento, proceso, secuencia.	--
Libro	Aguas residuales	4	Parámetros	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	--
Libro	Metodología de la investigación.	4	Metodología de la investigación.	Tipo, nivel, método y diseño de la investigación.	--

Informe sitio web	Contaminación acuática	4	Agua	Plásticos, mar, contaminación, tipos de aguas residuales.	--
Informe sitio web	Rio Huatanay	2	GORE CUSCO, Huatanay	Subcuenca, rio Huatanay.	Microcuencas del Cusco
Sitio Web	Aguas residuales	1	Agua residual	Agua, agua residual, saneamiento.	--
Sitio web	SEDACUSCO	1	Agua potable.	Agua y desagüe.	--
Patente	Tohá	1	Sistema Tohá	Diseño y aplicación.	--
Tesis	PTAR	1	PTAR	PTAR SEDACUSCO.	--
Tesis	Tratamiento de aguas residuales	9	Agua residual	Aguas residuales, Eisenia foetida, Tohá, lombrifiltro.	--
Normativa	DS N°004-2017-MINAM	1	ECA	Categoría 3: riego de cultivos y bebida de animales.	Otras categorías .
Normativa	DS N°015-2015-MINAM	1	ECA	Categoría 3: riego de cultivos y bebida de animales.	Otras categorías .
Normativa	DS N°003-2010-MINAM	1	LMP	LMP para efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua.	--

Normativa	Ley N° 26842	1	Ley General de Salud	Artículos 104 y 107.	Otros artículos de la ley.
Normativa	Ley N° 29972	1	Ley Orgánica de Municipalidades	Artículo 80.	Otros artículos de la ley.
Normativa	Ley N° 28611	1	Ley General del Ambiente	Artículos 1, 31, 212 y 122.	Otros artículos de la ley.
Normativa	Ley N° 29338	1	Ley de Recursos Hídricos	Artículos 15, 76,79 y 82.	Otros artículos de la ley.
<b>Tesis: Efectividad de la <i>Eisenia foetida</i> en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2020.</b>					

## Anexo 4 Matriz de Consistencia

Título : Efectividad de la *Eisenia foetida* en el Tratamiento de Aguas Residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2020.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<i>Problema Principal</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>						
¿Cuáles son los mecanismos para determinar la efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2019?	Determinar la efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco, 2019.	Existen mecanismos suficientes para determinar la efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Sebastián, Provincia y Región del Cusco.	<p><b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b></p> <p>La Eisenia foetida es una especie de lombriz con la característica de descomponer materia orgánica es adaptable y no transmite enfermedades.</p> <p>Las aguas residuales son aguas cuyas características originales fueron</p>	<p><b>V.I:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño y características morfológicas.</li> <li>- Capacidad de producción.</li> <li>- Temperatura</li> <li>- % de humedad</li> <li>- pH</li> <li>- Efectividad del Sistema Tohá.</li> </ul> <p><b>V.D:</b></p>	<p><b>V.I:</b></p> <p>7 a 12 cm, color rojizo.</p> <p>Descomponen el 80 % de MO en humus.</p> <p>Temperatura óptima 15 °C a 24 °C.</p> <p>% humedad 70% a 80% Edad adulta al mes mejoran eficacia E. foetida viven entre 14 a 15 años.</p> <p><b>V.D:</b></p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Sustantivo.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b></p> <p>Descriptivo evaluativo</p> <p><b>Diseño de la investigación:</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Universo :</b></p>	<p>Observación de campo</p> <p>Fichas o formatos de control.</p> <p>Ficha de control de adaptación de Eisenia foetida.</p> <p>Evaluación de productividad de las lombrices en el tratamiento.</p> <p>Autorización de las entidades</p>	<p>Observación directa e indirecta.</p> <p>Formato de registro para el control los parámetros</p>

		Cusco, 2019.	<p>modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren tratamiento antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo acuático. Sus tratamientos son variados, los más importantes son PTAR y Lombrifiltro en el último aplica E. foetida por sus ventajas.</p> <p><b>Variables Independent es:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos de aguas residuales</li> <li>- Temperatura</li> <li>- CE</li> <li>- Color</li> <li>- Olor</li> <li>- pH</li> <li>- SST</li> <li>- OD</li> <li>- DBO</li> <li>- DQO</li> <li>- Organismos patógenos</li> <li>- PTAR</li> <li>- Lombrifiltro</li> <li>- Normativa para descarga de aguas.</li> <li>- ECA</li> <li>- LMP</li> </ul>	<p>A.R. Industrial. A.R. Doméstico. A.R. Municipales</p> <p>Temperatura entre 20 a 25°C</p> <p>Mediante espectrofotómetro y análisis en laboratorio.</p> <p>Uso del equipo Multiparámetro.</p> <p>Mediante observación.</p> <p>El olor varía dependiendo de los compuestos orgánicos</p> <p>pH entre 6.5 a 8.5</p> <p>Coliformes Termotolerantes</p> <p>PTAR y Lombrifiltro</p>	<p>Distrito de San Sebastián – Cusco</p> <p><b>Universo Social :</b></p> <p>La población del Distrito de San Sebastián.</p> <p><b>Muestra :</b></p> <p>A determinar.</p>	correspondientes.
--	--	--------------	--	---	---	--	-------------------

			Efectividad de la Eiseña foetida  <b>Variables Dependientes</b> : El tratamiento de aguas residuales		ECA y LMP.			
--	--	--	--	--	------------	--	--	--

**FUENTE:** *Elaboración propia*

**Tabla 29 Matriz de Consistencia.**

### Anexo 5 Matriz de Categorización Apriorística

N°	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10
1	Efectividad de la E. foetida	Condiciones favorables para su desarrollo y adecuada producción.	Temperatura, considerando los valores óptimos entre 15°C a 24°C, para su mejor producción	pH el rango apropiado para el mantenimiento de las lombrices es 6.5 a 7.5	Porcentaje de humedad adecuado para las lombrices es de 70% a 80%, puesto que necesitan humedad							
		Características físicas	Viven entre 14 a 15 años, son longevas en comparación	Llegan a crecer de 15 a 20 cm alcanzando así su edad	Presentan un color rosado a rojizo, esta es su característica							

			ación con otras especies	adulta y madurez reproductiva	característica principal							
2	Tratamiento de aguas residuales	Características del agua tratada	Temperatura del agua residual puede variar dependiendo a la zona entre los 20 °C a 35°C	pH varía de acuerdo al tipo de agua residual que sea, llegando a ser muy ácido o alcalino	OD es importante para el origen de formas de vida superior, sus valores varían entre 7 a 10 mg/L	CE se define como la facilidad con la cual la corriente eléctrica atraviesa el agua.						
		Normativa ambiental peruana	<b>LMP</b> DS N°003-2010-MINAM los parámetros estudia	<b>ECA</b> DS N°015-2015-MINAM /004-2017-MINAM el								

			dos son de LMP de efluentes de PTAR para vertidos a cuerpos de agua	estudios de la Categoría 3 ECA AGUA tanto para riego de vegetales y bebidas de animales								
		Parámetros estudiados en laboratorio	Temperatura es importante para el desarrollo de actividad bacteriana present	Turbidez es la presencia de materia en el agua y poder determinar su origen o	CE facilidad con la que el agua permite el paso de la corriente eléctrica	pH se determina si es ácido o alcalino, en normativa peruana el rango óptimo en LMP	SST presencia de partículas disueltas en el agua, de acuerdo a normativa en	OD valores para formas de vida superior son de 7 a 10 mg/L, si están por debajo	DBO es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para alimentarse	DQO mide la cantidad de oxígeno necesario para consumir materia orgánica en LMP es	Coliformes termotolerantes indican contaminación fecal, representa un subgrupo de coliform	Aceites & grasas representan un grave problema pues tienen a solidificarse, los

			<p>e en el medio, según LMP es &lt;35°C ECA es Δ3</p>	<p>composición.</p>		<p>es entre 6.5 a 8.5</p>	<p>LMP es 150ml/L</p>	<p>de 2mg/L no es propicio para la vida</p>	<p>también de materia orgánica LMP 100mg/L ECA 5mg/L</p>	<p>200 mg/L y en ECA 40 mg/L tanto para riego como para bebida de animales</p>	<p>es totales, formado principalmente por Escherichia coli, Anterobacter, en LMP el valor es 10000 NMP/100ml ECA 1000 NMP/100ml riego y bebida de animales</p>	<p>valores son en LMP 20 mg/L ECA 5 mg/L riego y 10 mg/L bebida de animales</p>
--	--	--	---	---------------------	--	---------------------------	-----------------------	---	--	--	--	---

### Anexo 6 Matriz de Operacionalización de las Variables de Investigación

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Escalas o unidades de medida
<b>Variable Independiente:</b> Efectividad de la Eisenia foetida	La Eisenia foetida es una especie de lombriz con la característica de descomponer materia orgánica (MO) sintetizando el 80% de lo que consume, es adaptable en cualquier habitat manteniendo un rango de temperatura, humedad y pH constantes, esta especie es aplicada para la descomposición de MO en aguas residuales, puesto	- Características físicas de las lombrices.	- Tamaño y característica morfológicas	¿Es 7 a 12 cm el tamaño promedio óptimo de las lombrices?	7 a 12 cm, color rojizo.
		- Capacidad para descomponer materia orgánica.	- Capacidad de producción.	¿Descomponen el 80% de lo ingieren?	Descomponen el 80 % de MO en humus.
		- Ambiente apto para su producción	- Temperatura	¿Es el rango de temperatura óptima (TO) 15 a 24 °C?	Temperatura óptima es del rango 15 °C a 24 °C.
			- % de humedad	¿Es 70% y 80% el porcentaje de humedad apropiado para el desarrollo óptimo de la E. foetida?	El rango de porcentaje de humedad apropiado para las lombrices es de 70% a 80%.
		- pH	¿Es el pH adecuado para su óptima producción ?	El pH óptimo es de 6.5 a 7.5.	

	que no contrae ni transmite enfermedades.	- Efectividad del Sistema Tohá	- Flujo continuo de agua a tratar.	¿Debe tener flujo constante de agua residual para realizar el proceso?	El flujo de agua residual debe ser continuo, para que se proporcione materia orgánica a las lombrices.
			- Presencia de materia orgánica en el agua residual.	¿El agua residual debe contener alta cantidad de materia orgánica para el proceso?	El agua residual de por si tiene materia orgánica, es esta la que es descompuesta por la Eisenia foetida.
			- Lombrices en etapa adulta.	¿Son las lombrices adultas las que realizan mejor el proceso?	Las lombrices entran en edad adulta al mes de vida y son eficaces en el proceso
		- Lombricultura	- Calidad de humus.	¿Se genera buena calidad de humus al descomponer MO?	Las lombrices producen humus de calidad al descomponer MO
			- Longevidad de las lombrices	¿Son longevas las lombrices Eisenia foetida?	Las lombrices Eisenia foetida viven entre 14 a 15 años.
<b>Variable Dependiente:</b>	Las aguas residuales se definen como aquellas	- Tipos de aguas residuales.	- Aguas residuales industrial.	¿Son las aguas residuales industriales producto	A.R. Industrial por proceso productivo, ya sea mina, pesca, etc.

El tratamiento de aguas residuales	cuyas características originales fueron modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren tratamiento antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo acuático. Sus tratamientos varían en aplicación de sistemas siendo los convencionales PTAR y los sistemas no convencionales lombrifiltros, conocidos también como Sistema Tohá, que hacen uso de lombrices para su proceso. Las características son el bajo costo de operación y mantenimiento, no			de procesos industrial?	
			- Aguas residuales de origen doméstico.	¿Son las aguas residuales domésticas las de origen residencial?	A.R. Domestico de origen residencial y comercial.
			- Aguas industriales municipales.	¿Son las aguas residuales municipales la mezcla de dos tipos de aguas de origen distinto?	A.R. Municipales son la mezcla de aguas domesticas con aguas de drenaje pluvial.
	- Parámetros de las aguas residuales	- Temperatura.	¿Es ente 20 a 25 °C rango promedio de temperatura del agua residual?	Temperatura entre 20 a 25°C	
		- Turbidez.	¿De qué manera es posible determinar la turbidez del agua residual?	Mediante el uso de espectrofotómetro y análisis en laboratorio.	
		- Conductividad eléctrica.	¿De qué manera es posible determinar la conductividad eléctrica del agua residual?	Es posible determinarla mediante el uso del equipo Multiparámetro. Ya que está relacionada	

<p>genera lodos residuales, no atraen vectores de contaminación, etc.</p>			directamente con la temperatura.
	- Color.	¿De qué manera es posible determinar el color de las aguas residuales?	Mediante observación.
	- Olor.	¿De qué manera es posible determinar a través del olor el tipo de aguas residuales?	El olor a huevo podrido por el H <sub>2</sub> S. También por los compuestos orgánicos presentes en el agua.
	- pH.	¿Cuál es el promedio de valor pH para aguas residuales?	El pH valores de 6.5 a 8.5, para vertidos urbanos.
	- SST.	¿Cómo es posible determinar los SST en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.
	- OD.	¿Cómo es posible determinar el valor de OD en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.

			- DBO.	¿Cómo se puede determinar el valor de DBO en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.
			- DQO.	¿Cómo se puede determinar el valor de DQO en agua residual?	Es posible determinarlo mediante un análisis en laboratorio.
			- Organismos patógenos.	¿Cuál es el organismo patógeno más representativo para el tratamiento de aguas residuales?	El más representante es coliformes termotolerantes.
		- Tipos de tratamiento para aguas residuales.	- Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).	¿Cada tipo de tratamiento varía en efectividad y genera residuos?	Las PTAR son efectivas en su tratamiento pero generan lodos residuales.
			- Lombrifiltros.	¿Qué beneficios trae el uso de lombrifiltro?	Lombrifiltro es efectivo en el tratamiento y no genera lodos, en su lugar humus.
		- Normativa ambiental para tratamiento de	- Normativa Ambiental para	¿Cuáles son las normativas ambientales a cumplir para agua?	Existen dos principales que son:

		aguas residuales.	descarga de aguas.		ECA para riego de vegetales y bebida de animales. LMP para efluentes de tratamiento en PTAR.
			- ECA	¿Cuáles son los valores de los ECA para uso de aguas residuales tratadas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites y grasas: 5 mg/L para riego de cultivos. 10 mg/L para bebida de animales.</li> <li>- DBO: 15 mg/L para riego y bebida de animales.</li> <li>- DQO: 40 mg/L para riego y bebida de animales.</li> <li>- Temperatura: <math>\Delta 3</math> °C para riego y bebida de animales.</li> <li>- Coliformes totales: 1000 NMP/100ml para riego y 5000 NMP/100ml para bebida de animales.</li> <li>- Coliformes termotolerantes:</li> </ul>

					1000 NMP/100ml para riego y 1000 NMP/100ml para bebida de animales.
			- LMP	¿Cuáles son los valores de LMP para descarga de agua tratada en PTAR?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceites y grasas: 20 mg/L.</li> <li>- Coliformes termotolerantes: 10000 NMP/100ml.</li> <li>- DBO: 100 mg/L.</li> <li>- DQO: 200 mg/L.</li> <li>- pH: 6.5-8.5</li> <li>- SST: 150 ml/L.</li> <li>- Temperatura: &lt; 35.</li> </ul>
<b>Fuente:</b> <i>Elaboración propia</i>					

**Tabla 30 Matriz de Operacionalización de las Variables de Investigación**

## **Anexo 7 Validación de Instrumentos**

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

Estimado Docente:

Mg. Herrera Díaz Marco Antonio.

Solicito de su opinión sobre los instrumentos que se pretende aplicar para ser utilizado para mi trabajo de investigación denominado “EFECTIVIDAD DE LA Eisenia foetida EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA Y REGION DEL CUSCO, 2019”, la misma que requiere validación del instrumento denominado ficha de control aplicado en el lombrifiltro que se diseñó para evaluar la efectividad de la Eisenia foetida en el tratamiento de aguas residuales de la presente investigación.

Agradeciéndole por anticipado su gentil colaboración como experto, me suscribo a usted.

Atentamente

---

Cartagena Rosell Milagros Margareth

Bachiller de ingeniería ambiental

## Anexo 8 Juicio del Experto

### JUICIO DEL EXPERTO

#### TITULO DEL TRABAJO DE INVESTATIGACION:

“EFECTIVIDAD DE LA Eisenia foetida EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA Y REGION DEL CUSCO, 2019”

Investigadora: Bch Cartagena Rosell Milagros Margareth

Indicación: Señor especialista se le pide su colaboración para que luego un riguroso análisis de los ítems de la ficha de control de la Eisenia foetida y del Tratamiento de agua residual que se le presenta, marque con una aspa el casillero que cree conveniente de acuerdo a su criterio y experiencia profesional, denotando si cuenta o no cuenta con los requisitos mínimos de formulación para su posterior aplicación.

**NOTA:** Para cada ítem se considera la pertinencia y relevancia en la escala de 1 a 5 donde:

#### VALORACIÓN:

1.Muy poco	2. Poco	3.Regular	4. Aceptable	5.Muy aceptable
------------	---------	-----------	--------------	-----------------

-----  
**FIRMA DE EVALUADOR**





**Anexo 11 Resultados de análisis de Laboratorio antes y después del tratamiento**

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN LABORATORIO LOUIS PASTEUR (Acreditado por INACAL) Y LA COMPARACION ENTRE AMBOS VALORES

<b>RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE ANALISIS DE LABORATORIO</b>				
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>RESULTADO 1 (ANTES DEL TRATAMIENTO)</b>	<b>RESULTADO 2 (DESPUES DEL TRATAMIENTO)</b>	<b>RESULTADO FINAL (R1-R2)</b>
<b>Coliformes termotolerantes (44.5°C)</b>	NMP/110 ml			
<b>RESULTADOS FISICO – QUIMICOS DE ANALISIS DE LABORATORIO</b>				
<b>DBO5</b>	mg/L			
<b>DQO</b>	mg/L			
<b>pH</b>	---			
<b>STS</b>	mg/L			
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/L			
<b>Temperatura</b>	°C			
<b>Turbidez</b>	NTU			
<b>Conductividad Electrica</b>	us/cm			

**Tabla 33 Resultados de Análisis de Laboratorio FUENTE: Elaboración propia**

# Ensayo Antes del tratamiento.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N°LE-042



Registro N°LE - 042

## INFORME DE ENSAYO LLP-0566-2020 SO-0154-2020

Pág. 1 de 1

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Milagros Margareth Cartagena  
Dirección Legal: APV Agua Buena T-3, San Sebastian.

### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua residual domestica  
Matriz microbiológico: Agua residual  
Matriz química: Agua residual  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2020/03/05  
Fecha de Ensayo: 2020/03/05

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Milagros Margareth Cartagena Rosell  
Fecha de Toma de Muestra: 2020/03/05  
Hora de toma de muestra: 16:00  
Procedencia de la Muestra: Desague de Agua Residual Domestica - APV Agua Buena T-3, San Sebastian - 19L 0181679N 85011625 3295msnm.  
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno de 500ml esteril, Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L, transportado en cadena de frío.  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2020/03/12  
Referencia: Nro. De Cotización: 18-03-2020

### RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fecales	NMP/100ml	24x10 <sup>3</sup>

### RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	46,79
DQO	mg/L	121,60
pH <sup>R</sup>	-	7,95
Sólidos totales en suspensión	mg/L	68,85
Aceites y grasas	mg/L	12,30
Temperatura (*)	°C	20,3
Turbiedad(*)	NTU	3,11
Conductividad(*)	us/cm	1224,0

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL- DA  
R Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

### Métodos de Referencia:

Coliformes Fecales (NMP)  
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)  
Demanda Química de Oxígeno (DQO)  
Sólidos Totales en Suspensión  
Aceites y Grasas  
pH  
Temperatura  
Turbidez  
Conductividad

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 D, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 D, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ 3, 23rd Ed. (2017)  
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23RD EDITION, Part 2550 Temperature, B. Laboratory and Field Methods, Págs. 2-69  
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part. 2130 Turbidity, B. Nephelometric Method, Págs. 2-13 23rd EDITION, Part. 2340 Hardness-C EDTA Titrimetric Method, Págs. 2-44  
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part 2510. D. Laboratory Method, Págs. 2-44

*Rosa Luz Pacheco Venero*  
Dra. Rosa Luz Pacheco Venero  
C.B.P. N° 15



Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 09 NOVIEMBRE 2019

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - 771906 Cel. 975713500 - 974787151  
laboratorioulouispasteur@yahoo.es www.lablouispasteur.pe

# Ensayo Despues del Tratamiento



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-042



Registro N° LE - 042

## INFORME DE ENSAYO LLP-2173-2020 SO-0899-2020

Pág. 1 de 1

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante: Milagros Margareth Cartagena Rosell  
Dirección Legal: APV. Agua Buena T-3, Cusco

### IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Nombre del Producto: Agua residual  
Matriz microbiológico: Agua residual industrial  
Matriz química: Agua residual  
Fecha de Ingreso de Muestra: 2020/10/22  
Fecha de Ensayo: 2020/10/22

### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA Y REPORTE DE RESULTADOS

Toma de muestra realizada por: Srta. Milagros Margareth Cartagena Rosell  
Fecha de Toma de Muestra: 2020/10/22  
Hora de toma de muestra: 07:48  
Procedencia de la Muestra: Puente Agua Buena  
Cantidad y Descripción de la Muestra: Frasco de polietileno de 250ml estéril, Frascos de polietileno de 250ml, 500ml, 1L, frasco de vidrio de 1L, transportado en cadena de frío.  
Fecha de Emisión de Informe de Ensayo: 2020/10/29

### Datos declarados por el cliente

Referencia: Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió

### RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
Coliformes Fécales	NMP/100ml	24x10

### RESULTADOS QUÍMICOS

Ensayo(s)	Unidad	Resultado(s)
DBO <sub>5</sub>	DBO <sub>5</sub> mg/L	16,95
DQO	mg O <sub>2</sub> /L	48,10
pH <sup>R</sup>	Unidades de pH	7,46
Sólidos totales en suspensión	mgSTS/L	<5
Aceites y grasas	mgAyG/L	7,80
Temperatura (*)	°C	18,9
Turbidez (*)	NTU	8,07
Conductividad (*)	µs/cm	395

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA

<sup>R</sup> Resultado referencial por superar el tiempo establecido por el método para su determinación.

### Métodos de Referencia:

Coliformes Fécales (NMP)  
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)  
Demanda Química de Oxígeno (DQO)  
Sólidos Totales en Suspensión  
Aceites y Grasas  
Ph  
Temperatura  
Turbidez  
Conductividad

SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 9221 E-1, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 D, 23rd Ed. (2017)  
SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Hr B, 23rd Ed. (2017)  
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23RD EDITION, Part.2550  
Temperature B. Laboratory and Field Methods Pág. 9-69  
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Part. 2130 Turbidity. B.  
Nephelometric Method pag. 2-13 23rd  
2017 Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23rd EDITION, Conductivity Part.2010  
B. Laboratory Method Pág. 2-24

Biga Mercedes Maritza Quispe Flores  
C. B. - B. 4917

DIRECTOR DE SISTEMA DE CALIDAD  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

LLP-MP17-F02 VER 09 NOVIEMBRE 2019

Urb. Velasco Astete D-18-B Wanchaq - Cusco Telefax: 084-234727 - 771906 Cel. 975713500 - 974787151  
laboratoriolouispasteur@yahoo.es www.laiblouispasteur.pe

**Anexo 12 Permiso de autorización Municipalidad**

**SOLICITA: PERMISO DE AUTORIZACION PARA LA APLICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACION.**

**SEÑOR: Mario Teofilo Loayza Moriano.**

**ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN SEBASTIAN**

Yo Bach. MILAGROS MARGARETH CARTAGENA ROSELL identificada con DNI N°75084890, domiciliada en la APV Agua Buena T-3 distrito de San Sebastian, ante Ud. Respetuosamente me presento y expongo:

Que, habiendo concluido los estudios de educación superior a nivel de formación profesional en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental en la Universidad César Vallejo, me dirijo a su representada autoridad, para solicitar autorización para la aplicación del Trabajo de Investigación denominado: **“EFECTIVIDAD DE LA Eisenia foetida EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIAN, PROVINCIA Y REGION DEL CUSCO, 2019”** para optar al título profesional de Ingeniero Ambiental.

**POR LO EXPUESTO**

Ruego a Ud. Acceder a mi Solicitud

Cusco, 10 de Marzo del 2020



-----  
MILAGROS MARGARETH CARTAGENA ROSELL

DNI:75084890

## ILUSTRACIONES FOTOGRAFICAS

### Adaptación de la Eisenia foetida.

Eisenia foetida en lecho.



Eisenia foetida adulta.



### Construcción de lombrifiltro.

Accesorios de unión de 5/8.



Tubos de 5/8



Cortando los tubos de 5/8



Cortando los tubos para aireación



Tanque almacenamiento de 90 litros



Tanque de vidrio de 8 mm



Ensamblando el sistema.





Calculando el caudal apropiado para el sistema.



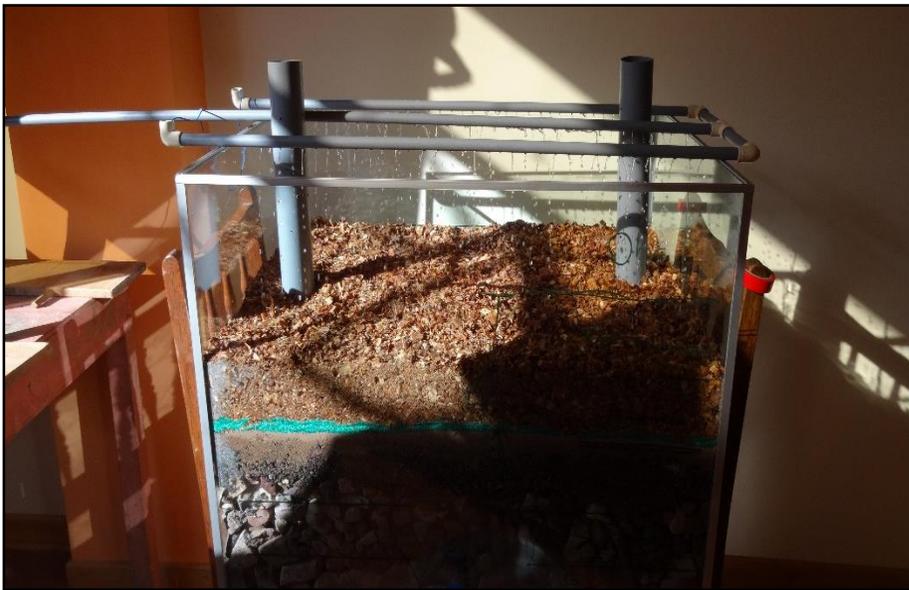
Determinando los estratos.



Colocando los estratos



Probando el sistema.





Recolección y traslado de agua residual del Rio Huatanay – Puente Agua Buena.



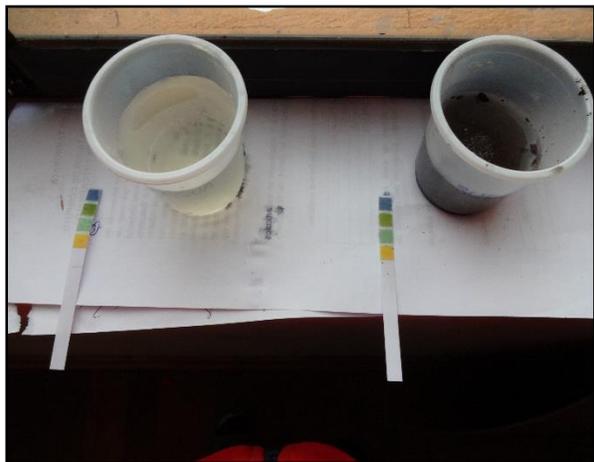
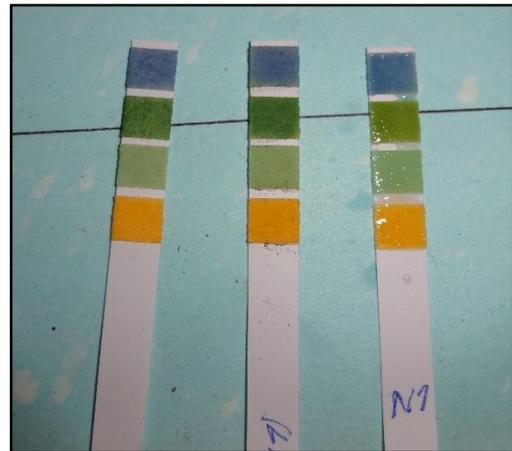


Toma de muestra para análisis en laboratorio.



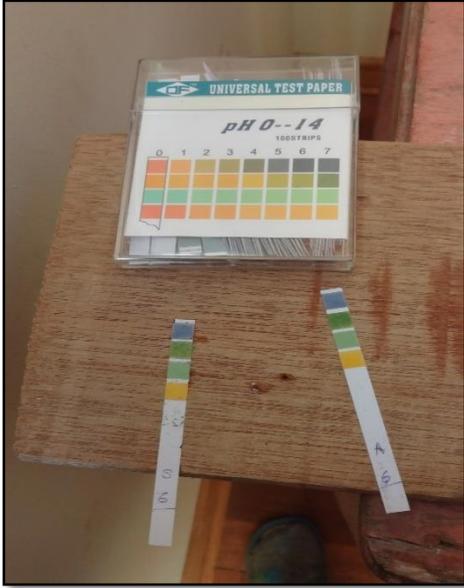


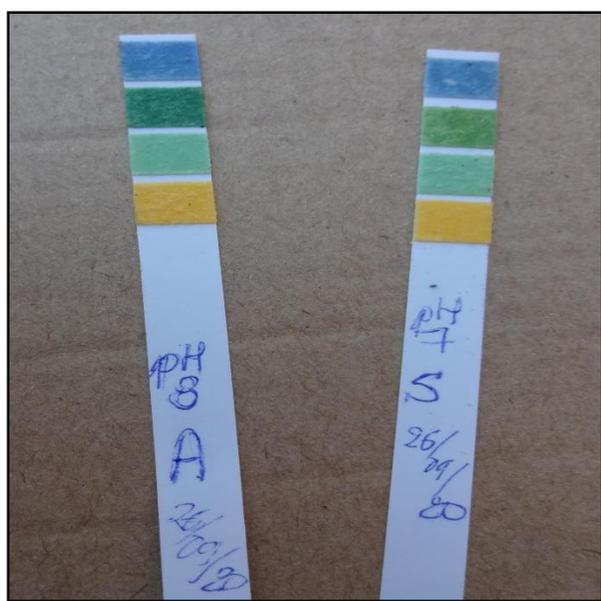
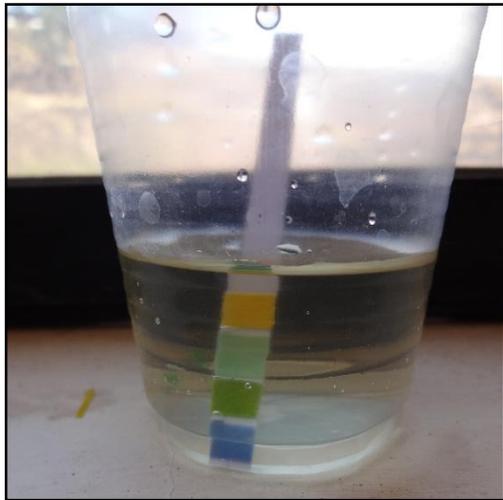
Controlando los parámetros del sistema (temperatura, porcentaje de humedad y pH) durante los 8 meses de proyecto















**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "EFECTIVIDAD DE LA EISENIA FOETIDA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN, PROVINCIA Y REGIÓN DEL CUSCO, 2020", del autor CARTAGENA ROSELL MILAGROS MARGARETH, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y 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 Investigación / 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.

Lima, 20 de julio de 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO DNI: 44553815 ORCID 0000-0002-8578-4259	