

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



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

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DEL JACINTO ACUÁTICO (*Eichhornia  
crassipes*) PARA LA DEPURACIÓN DEL EFLUENTE DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL DISTRITO DE COPALLIN,  
PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS**

**AUTOR: Bach. Carlos Enrique Rodríguez Vásquez**

**ASESORA: Dra. Cástula Alvarado Chuqui**

**Registro:**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



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

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DEL JACINTO ACUÁTICO (*Eichhornia  
crassipes*) PARA LA DEPURACIÓN DEL EFLUENTE DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES DEL DISTRITO DE COPALLIN,  
PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS**

**AUTOR: Bach. Carlos Enrique Rodríguez Vásquez**

**ASESORA: Dra. Cástula Alvarado Chuqui**

**Registro:**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

**A Dios** por otorgarme la vida y protección junto a mis padres y hermanos.  
Acompañándonos en los momentos más difíciles y felices de nuestra vida.

**A mis padres** María Edita Vásquez Arévalo y Luis Enrique Rodríguez Sánchez por brindarme el regalo más valioso del cosmos; su amor incondicional.

**A mis hermanos** Erick Jackson, Luis Alberto y Jhon Anderson porque están siempre conmigo brindándome su apoyo, y ser la motivación para seguir triunfando en la vida.

**Carlos Enrique Rodríguez Vásquez**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por brindarme la sabiduría para terminar mi carrera profesional y a mis padres: María Edita Vásquez Arévalo y Luis Enrique Rodríguez Sánchez, quienes me apoyaron en cada momento de mi existencia.

A mi asesora Dra. Cástula Alvarado Chuqui, por su tiempo y apoyo para la realización de la presente investigación.

Al Blgo. Jesús Rascón Barrios coordinador del Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas por brindarme la facilidad para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes.

A mis amigos Acuña Arévalo José Elder, Lucana Salazar Juan Carlos y Mas Inga Winston Enrique por haberme apoyado en el desarrollo del presente trabajo.

A la Dra. Martha Steffany Calderón Ríos por sus orientaciones oportunas.

A los docentes miembros del jurado Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón, Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje y M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López por sus aportes y recomendaciones, para culminar con éxito este informe de investigación.

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Dr. Policarpio Chauca Valqui**

Rector

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**

Vicerrector académico

**Dra. Flor Teresa García Huamán**

Vicerrectora de Investigación

**M.sc. Edwin Adolfo Diaz Ortiz**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil  
y Ambiental

## VISTO BUENO DEL ASESOR

Yo, Dra. Cástula Alvarado Chuqui con DNI N° 33400838, docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, asesora de la tesis:

EFICIENCIA DEL JACINTO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) PARA LA  
DEPURACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUAS RESIDUALES DEL DISTRITO DE COPALLIN, PROVINCIA DE BAGUA,  
REGIÓN AMAZONAS

Presentado por el Bachiller en Ingeniería Ambiental: Carlos Enrique Rodríguez  
Vásquez.

Habiendo revisado el informe final de la tesis en mención doy la conformidad y el visto  
bueno para continuar con sus trámites correspondientes.

Chachapoyas, abril del 2019



Dra. Cástula Alvarado Chuqui  
Asesora de tesis

**JURADO EVALUADOR**



---

**Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón**

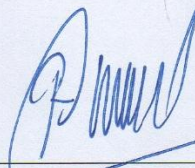
Presidente



---

**Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje**

Secretario



---

**M.Sc. Rosalynn Yohanna Rivera López**

Vocal

## DECLARACION JURADA DE NO PLAGIO

Yo CARLOS ENRIQUE RODRÍGUEZ VÁSQUEZ identificado con DNI 71067327, egresado de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

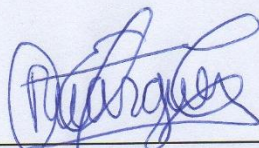
Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: Eficiencia del Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) para la depuración del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Copallín, Provincia de Bagua, Región Amazonas. La misma que presento para optar: El título de Ingeniero Ambiental.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto mediante la presente asumo toda la responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo asumir todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivos de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente: asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas 11 de abril de 2019



Bach. Carlos Enrique Rodríguez Vásquez





**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 08 de Abril del año 2019, siendo las 3:05 p.m. horas, el aspirante Bach. Carlos Enrique Rodríguez Vázquez defiende en sesión pública la Tesis titulada: Eficiencia del Jacinto Acuático (Eichhornia crassipes) para la depuración del efluente de la planta de tratamiento de aguas Residuales del Distrito de Copallín, provincia de Bagua, Región Amazonas.

para obtener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Dr. Miguel Ángel Barrera Guibillañ  
Secretario : Ing. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje  
Vocal : Magister Rosalynn Y. Rivera López



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )                      Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 16:30 p.m. horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: .....

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	vi
JURADO EVALUADOR.....	vii
DECLARACION JURADA DE NO PLAGIO.....	viii
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MATERIAL Y MÉTODO .....	5
2.1. Área de estudio.....	6
2.2. Diseño de la investigación .....	6
2.3. Métodos.....	7
2.3.1. Sistemas de tratamiento .....	7
2.3.2. Dimensionamiento de los estanques.....	7
2.3.3. Tiempo de retención hidráulica .....	8
2.3.4. Recolección del Jacinto acuático .....	8
2.3.5. Instalación de los estanques.....	8
2.3.6. Toma y análisis de las muestras .....	8
2.3.7. Cálculo de la biomasa.....	12
2.4. Comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles .....	13

2.5. Análisis de datos .....	13
III. RESULTADOS .....	15
3.1. Evolución de la remoción de contaminantes en el tratamiento biológico con Jacinto acuático.....	15
3.2. Prueba de normalidad.....	17
3.3. Correlación de Sperman.....	18
3.4. Prueba de Kruskal Wallis.....	19
3.5. Prueba de U de Mann Whitney .....	20
3.6. Variación de la biomasa en el tratamiento biológico .....	20
3.7. Comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles .....	21
IV. DISCUSIÓN .....	23
V. CONCLUSIONES .....	26
VI. RECOMENDACIONES .....	28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
ANEXOS .....	33
Anexo 1. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. ....	33
Anexo 2. Trabajos realizados en campo .....	39
Anexo 3. Análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. ....	42
Anexo 4. Mediciones de la biomasa .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Repeticiones aplicadas en la depuración de aguas residuales.....	7
Tabla 2. Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado.....	9
Tabla 3. Temperaturas del agua y del aire .....	10
Tabla 4. Metodología para análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos . .....	12
Tabla 5. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. ....	13
Tabla 6. Normalidad de variables .....	18
Tabla 7. Correlación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	19
Tabla 8. Comportamiento de las variables en el tratamiento biológico.....	19
Tabla 9. Comportamiento de las variables en el tratamiento biológico.....	20
Tabla 10. Biomasa producida en el tratamiento biológico .....	20
Tabla 11. Comparación de los resultados obtenidos entre el tratamiento biológico con Jacinto acuáticos y los Límites Máximos Permisibles .....	22
Tabla 12. Mediciones de la biomasa al inicio y al final del tratamiento biológico .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño metodológico para determinar la eficiencia del Jacinto acuático en la depuración de aguas residuales.....	5
Figura 2. Remoción de contaminantes en la semana uno .....	15
Figura 3. Remoción de contaminantes en la semana dos .....	16
Figura 4. Remoción de contaminantes en la semana tres .....	16
Figura 5. Remoción de contaminantes en la semana cuatro .....	17
Figura 6. Recolección del Jacinto acuático.....	39
Figura 7. Impermeabilización de los estanques .....	39
Figura 8. Transporte del efluente de la PTAR hasta los estanques .....	40
Figura 9. Instalación de los estanques con Jacinto acuático .....	40
Figura 10. Muestreo en el efluente de la PTAR de Copallín.....	41
Figura 11. Muestreo en el tratamiento biológico con Jacinto acuático .....	41
Figura 12. Acondicionamiento de las muestras para su transporte.....	42
Figura 13. Pesado de los reactivos a emplear (EC, lauril y agar EMB) .....	42
Figura 14. Preparación de los medios de cultivo .....	43
Figura 15. Esterilización de los medios de cultivo .....	43
Figura 16. Siembra en tubos de ensayo .....	44
Figura 17. Siembra en placas Petri .....	44
Figura 18. Incubación de los medios .....	45
Figura 19. Incubación de la muestra de DBO durante 5 días .....	45

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar la eficiencia del Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) para la depuración del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Copallín, Amazonas; se evaluó la remoción de contaminantes en aguas residuales y la producción de biomasa del Jacinto acuático durante el tratamiento biológico. El tratamiento biológico estuvo conformado por 3 repeticiones con un tiempo de retención hidráulica de 28 días, realizándose las muestras cada 7 días para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. En los análisis de campo se midió la temperatura del agua y la temperatura del aire con un termómetro digital; en los análisis de laboratorio se determinaron las concentraciones de Coliformes Fecales (CF), Conductividad Eléctrica (CE), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), *Escherichia coli* (*E. coli*), Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos Totales (SDT). Se aplicó pruebas estadísticas no paramétricas entre ellas la correlación de Spearman, Kruskal Wallis y U de Mann Whitney; al finalizar el tratamiento biológico se observó una variación promedio de biomasa de 0,8418 kg en 28 días. Se concluye que la aplicación de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales demostró ser significativamente eficiente para depurar el agua residual proveniente del efluente de la PTAR del distrito de Copallín, ya que disminuyó la CE en 46,1653%, los SDT en 42,1003%, los SST en 57,4074%, la DBO<sub>5</sub> en 84,0503%, la DQO en 96,3347%, las Coliformes Fecales y *Escherichia coli* en 99,9956% y 99,9956% respectivamente.

Palabras claves: Tratamiento biológico, efluente; *Eichhornia crassipes*; biomasa; parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

## ABSTRACT

With the objective of determining the efficiency of the aquatic hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for the purification of effluent from the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of the district of Copallín, Amazonas; the removal of pollutants in wastewater and the production of biomass of the aquatic hyacinth during the biological treatment were evaluated. The biological treatment consisted of 3 repetitions with a hydraulic retention time of 28 days, the samples being made every 7 days for physicochemical and microbiological analyzes. In the field analyzes, the temperature of the water and the temperature of the air were measured with a digital thermometer; In the laboratory analyzes, Fecal Coliform (CF), Electrical Conductivity (EC), Biological Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand (COD), *Escherichia coli* (*E. coli*), Hydrogen Potential (pH), Total Suspended Solids (TSS) and Total Dissolved Solids (TDS). Non-parametric statistical tests were applied, including the Spearman, Kruskal Wallis and Mann Whitney U correlation; At the end of the biological treatment, an average biomass variation of 0.8418 kg was observed in 28 days. It is concluded that the application of *Eichhornia crassipes* in the treatment of wastewater proved to be significantly efficient to purify the wastewater from the effluent of the PTAR of the district of Copallín, since the CE decreased by 46.1653%, the SDT in 42, 1003%, TSS in 57.4074%, DBO<sub>5</sub> in 84.0503%, COD in 96.3347%, Fecal Coliforms and *Escherichia coli* in 99.9956% and 99.9956% respectively.

Keywords: Biological treatment, effluent; *Eichhornia crassipes*; biomass; physicochemical and microbiological parameters.

## I. INTRODUCCIÓN

La alteración de la calidad del agua está influenciada directamente por las descargas de efluentes residuales, ya que estas son vertidas a cuerpos de agua natural como quebradas, ríos, lagunas, entre otras, generando elevados índices de contaminación por carga orgánica y sustancias surfactantes provenientes del uso de los detergentes. El aumento de la concentración de nutrientes en el agua produce eutrofización, proceso que requiere la implementación de tecnologías que aseguren su depuración y posterior aprovechamiento (Dávila y León, 2011; Martelo y Lara, 2012; Salgado, Durán, Cruz, Carballo y Martínez, 2012; Palta y Morales, 2013).

Se necesita desarrollar tecnologías que incrementen la eficiencia en la remoción de nutrientes, para así mantener un desarrollo equilibrado con el ecosistema. Se han realizado investigaciones donde aplican tecnologías biológicas en la depuración de efluentes residuales, siendo la técnica de humedales artificiales uno de los métodos que presentan buenos resultados en la remoción de materia orgánica y nutrientes presentes en las aguas residuales (Rios, Appasamy y Roberts, 2011; González, Mejía y Molina, 2012; Palta y Morales, 2013; Vizcaíno y Fuentes, 2016).

La eficiencia de remoción de un humedal artificial está influenciada por el tipo de macrófitas empleadas, los soportes máximos de cargas orgánicas que fluctúan entre 1 – 25 DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup> día, la altura de la columna de agua de 0,6 – 0,9 metros y un tiempo de retención de 15 días. Adicionalmente a este proceso se añaden cosechas periódicas con el fin de aumentar la eficiencia de remoción del sistema. Recientes investigaciones han logrado demostrar que el Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) presenta una eficiencia depurativa de componentes orgánicos de 70% - 86% (Rodríguez, Gómez, Garavito y López, 2010; Bedoya, Ardila y Reyes, 2014; Vidal y Araya, 2014).



Actualmente, el Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) es una de las macrófitas más estudiadas por presentar niveles de remoción significativamente elevados de materia orgánica, nutrientes y patógenos; además, de poder emplear la biomasa en procesos capaces de generar biocombustibles, convirtiendo a esta macrófita en una especie clave para el tratamiento de efluentes residuales de forma sostenible, mediante su aplicación en humedales artificiales (Gómez, Ríos y Peña, 2012; Bedoya *et al.*, 2014; Poma y Valderrama, 2014; Vizcaíno y Fuentes, 2016).

Se aplicó el Jacinto acuático en un humedal artificial de flujo libre, con un tiempo de retención de 1,6 días registrándose reducciones muy significativas para DBO<sub>5</sub> (32,1%), pH (15%) y conductividad eléctrica (73,7%); concluyeron que el tratamiento con Jacinto acuático es idóneo para disminuir los niveles de materia orgánica en el agua (Díaz, Atencio y Pardo, 2014; Mal, Sampaio y Parolin, 2014).

Mal, Sampaio y Parolin (2014), emplearon tres unidades de biofiltros con *Eichhornia crassipes* para comprobar la eficiencia de remoción en efluentes de piscigranjas familiares, obtuvieron remociones de 73,7% para conductividad eléctrica, 15% para pH, 84,5% para turbidez, 86,8% para nitritos, 69% para fósforo total y 77,8% para ortofosfato; concluyeron que *Eichhornia crassipes* es efectivo para mejorar la calidad de los efluentes que provienen de los criaderos de peces.

Fernández (2002), menciona que las dimensiones recomendadas para los tratamientos biológicos deben tener una profundidad mínima de 0,3 m hasta 1,8 m de lámina de agua y 0,2 m de resguardo. La relación ancho longitud puede variar de 0,2:1 hasta 2:1. Además, la cantidad de plantas de Jacinto acuático es de 10 por cada metro cuadrado.

La especie *Eichhornia crassipes* presenta mejores rendimientos de depuración con un pH de 6-8, temperatura del agua de 25°C a 27,5°C y un tiempo de retención hidráulica mayor a los 7 días; además, las muestras biológicas deben tener una buena pigmentación, que no presenten ninguna anomalía en su estructura, que sean plántas jóvenes (color azulado de sus raíces) y que conserven un buen espesor radicular. Finalmente, en la siembra de esta macrófita se debe lavar las raíces con agua limpia (León y Lucero, 2009; Jaramillo y Flores, 2012; García y Zarela, 2012).

Rodríguez, Zarate y Sánchez (2017) evaluaron la actividad antimicrobiana de los extractos de las plantas *Bauhinia sp.*, *Sambucus nigra*, *Eichhornia crassipes* y *Taraxacum officinale* frente a patógenos de importancia clínica, realizaron los análisis correspondientes y comprobaron la presencia de flavonoides, terpenos, saponinas, fenoles, quinonas y alcaloides que han sido reportados con actividad antimicrobiana. Concluyeron que los extractos vegetales podrían ser una alternativa de tratamiento para infecciones nosocomiales.

Según García y Zarela (2012), recomienda tomar las muestras en las horas donde hay cambio de radiación y por lo tanto variación de la actividad fotosintética en el agua a tratar, todo esto involucra el grado de tratamiento en horas críticas.

El Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) recomienda considerar medidas de seguridad al momento de realizar un muestreo como: Al coger el recipiente se retire la tapa sin tocar la superficie interna de los recipientes, sostener el envase por debajo del cuello y sumergirlo en el agua a muestrear, evitar coleccionar precipitados y suciedades existentes en la superficie a fin de conservar la integridad de las muestras.

Coronel (2015) realizó una investigación para determinar la eficiencia de 2 macrófitas (Jacinto de agua y Lenteja de agua) en la depuración de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de

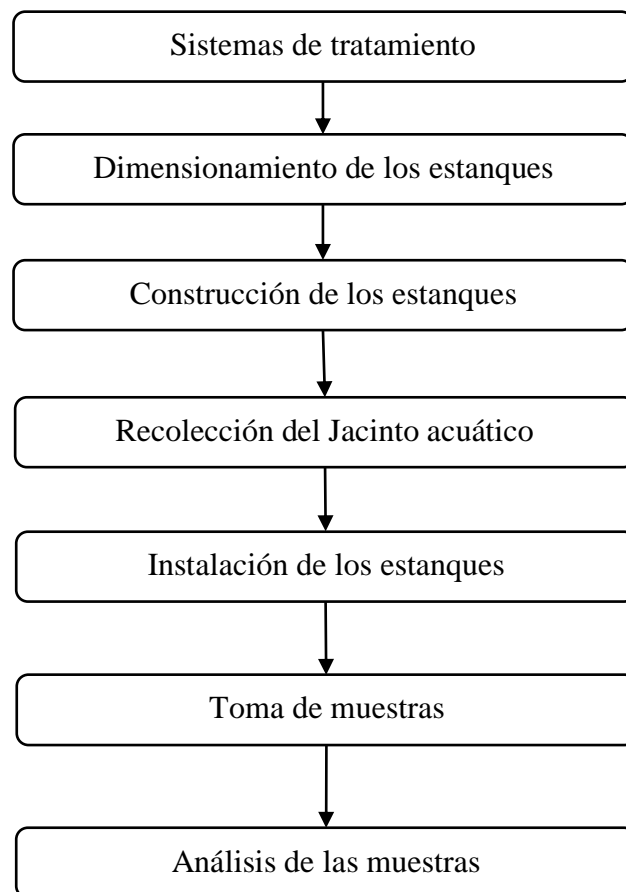
Amazonas, obtuvo valores de remoción de coliformes totales, Coliformes Fecales y *Escherichia coli* de 99,99% para todos los casos mencionados; concluyó que *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* son muy buenos removedores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Se ha informado que por cada habitante en el Perú se genera 0,142 m<sup>3</sup> de aguas residuales al día (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014). La población del distrito de Copallín es de 4 595 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2009); es decir; actualmente se estaría generando 652 490 litros de aguas residuales al día. Es prioritario dar un tratamiento biológico complementario al efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del distrito de Copallín empleando ecotecnologías para incrementar la calidad de nuestras aguas superficiales existentes en el territorio de la Región Amazonas, siendo fundamental incentivar el desarrollo de una cultura más amigable con el medio ambiente, así estaremos contribuyendo a la mejora continua de la calidad de vida de las personas.

El objetivo principal de esta investigación fue conocer la eficiencia del tratamiento biológico con Jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Copallín, Bagua, Amazonas como objetivos específicos se implementó un sistema para depurar el efluente de la PTAR del distrito de Copallín empleando el Jacinto acuático, se determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de la PTAR y del tratamiento biológico con Jacinto acuático, se realizó mediciones cuantitativas de la biomasa producida durante el tratamiento biológico y finalmente se identificó al conjunto de variables afectadas por el proceso de depuración empleando el Jacinto acuático.

## II. MATERIAL Y MÉTODO

Para determinar la eficiencia del Jacinto acuático en la depuración del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Copallín se realizaron diferentes actividades, las cuales se ilustra en la Figura 1.



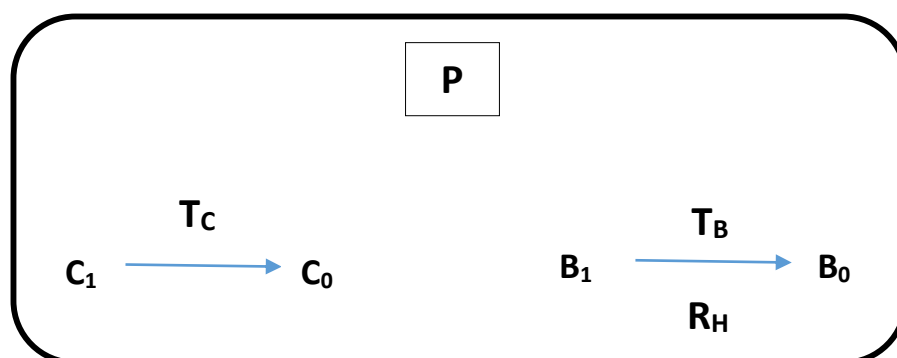
*Figura 1.* Diseño metodológico para determinar la eficiencia del Jacinto acuático en la depuración de aguas residuales

## 2.1. Área de estudio

Este estudio se desarrolló en el distrito de Copallín, provincia de Bagua, región Amazonas, durante el mes de agosto y setiembre de 2018. Se ubica al Norte del Perú, 5°27'07" de Latitud Sur, 78°27'02" de Longitud Oeste y una altitud media de 700 m.s.n.m. Este distrito cuenta con una población aproximada de 4 595 habitantes y una densidad de 50,95 hab/km<sup>2</sup> al 2017. Está comprendida en zona amazónica con un clima tropical húmedo con una temperatura promedio anual de 24° C y una precipitación media anual de 1 400 mm. Limita al norte con los distritos de la Peca, Aramango e Imaza, al sur con el distrito de Cajaruro, provincia de Utcubamba, al oeste con los distritos de Bagua Grande y el Milagro de la provincia de Utcubamba, al Este con el distrito de Bagua Grande de la provincia de Utcubamba.

## 2.2. Diseño de la investigación

Se utilizó el diseño experimental (Vizcaíno y Fuentes, 2016), cuyo esquema es así:



Donde:

- P : Variables a medir
- T<sub>C</sub> : Tratamiento control (PTAR de Copallín)
- C<sub>1</sub> : Ingreso del efluente doméstico a la PTAR
- C<sub>0</sub> : Salida del efluente depurado del T<sub>C</sub>
- T<sub>B</sub> : Tratamiento biológico
- B<sub>1</sub> : Ingreso del efluente de la PTAR al T<sub>B</sub>
- B<sub>0</sub> : Salida del efluente depurado del T<sub>B</sub>
- R<sub>H</sub> : Retención hidráulica

## 2.3.Métodos

La metodología de esta investigación comprende los siguientes aspectos:

### 2.3.1. Sistemas de tratamiento

Se empleó el tratamiento biológico de flujo discontinuo o también llamado por tandas; que consta de un estanque de 300 L de volumen, el cual simula una laguna con agua estancada; el tratamiento biológico presentó las mismas condiciones; sin embargo, se otorgó tiempos de retención diferentes. En este sistema se cultivó el Jacinto acuático para depurar el efluente de la PTAR del distrito de Copallín que presentó niveles muy elevados de Coliformes Fecales y *Escherichia coli* (Anexo I) (Mal *et al.*, 2014). Además, se tomó una muestra del efluente de la PTAR del distrito de Copallín para su análisis fisicoquímico y microbiológico, para comparar con los resultados del tratamiento biológico obtenido por semanas.

Tabla 1. Repeticiones aplicadas en la depuración de aguas residuales

Número de repeticiones	Componentes	Número de plantas	Capacidad al 60 %	Dimensiones de los estanques
R <sub>1</sub>	<i>Eichhornia crassipes</i>	10	300 L	1 x 1 x 0,5 m
R <sub>2</sub>	<i>Eichhornia crassipes</i>	10	300 L	1 x 1 x 0,5 m
R <sub>3</sub>	<i>Eichhornia crassipes</i>	10	300 L	1 x 1 x 0,5 m

### 2.3.2. Dimensionamiento de los estanques

Las dimensiones de los estanques para depurar el agua residual (Tabla 1) fueron: 1 metro de ancho, 1 metro de largo y 0,50 metros de profundidad, presentando una capacidad total de almacenamiento de 500 litros; del cual solo se utilizó el 60 % de la capacidad total correspondiente a 300 litros y se colocó 10 plantas de Jacinto acuático en cada estanque.

### **2.3.3. Tiempo de retención hidráulica**

El tiempo de retención hidráulica de 28 días, realizándose las muestras cada 7 días para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos

### **2.3.4. Recolección del Jacinto acuático**

Las plantas de *Eichhornia crassipes* fueron recolectadas de una piscigranja de Tilapia ubicado en el centro poblado de Lluhuana a 851 msnm con una temperatura promedio anual de 24,2 °C, se buscaron plantas jóvenes, con buena pigmentación y que presenten un buen espesor radicular.

### **2.3.5. Instalación de los estanques**

Las dimensiones de los estanques se encuentran en la Tabla 1. Fueron excavados en el suelo e impermeabilizados con manta de polietileno (8 metros de largo y 3 metros de ancho) y cargados con 300 L del efluente de la PTAR del distrito de Copallín, la siembra del Jacinto acuático se realizó posteriormente a un lavado de las raíces con agua limpia y se colocó 10 plantas a cada estanque.

### **2.3.6. Toma y análisis de las muestras**

El periodo de muestreo fue de un mes, iniciando el 26 de agosto de 2018 y concluyendo el 23 de setiembre de 2018, se establecieron 13 muestreos comprendidos entre el tratamiento biológico y la PTAR. El muestreo, almacenamiento y traslado de las muestras se realizó siguiendo las directrices del Protocolo Nacional para el Monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) (Tabla 2). Los análisis de laboratorio para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron mediante las indicaciones del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA y WPCF, 2017) (Tabla 4).

Tabla 2. Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado.

Parámetro	Siglas	Tipo de recipiente	Condiciones de preservación y almacenamiento	Tiempo máximo de almacenamiento
Potencial de hidrógeno	pH	Plástico	Analizar preferentemente <i>in situ</i>	24 horas
Temperatura	°C	Plástico	Analizar preferentemente <i>in situ</i>	Inmediatamente
Demanda Química de Oxígeno	DQO	Plástico	Congelar por debajo de -18 °C	24 horas
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	Plástico	Llenar recipiente y sellar sin burbujas. usar botellas oscuras	24 horas
Sólidos Suspendidos Totales	SST	Plástico	Conservar a 5 °C ± 3 °C	24 horas
Coliformes Fecales	CF	Plástico estéril	Dejar un espacio para aireación y mezcla de 1/3 del frasco de muestreo.	24 horas

Fuente: Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA

### Muestreo fisicoquímico

En la S<sub>0</sub> se realizó un muestreo en el efluente de la PTAR del distrito de Copallín, en la S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> y S<sub>4</sub> se realizaron tres muestreos siendo un total de 12 muestreos realizados en el tratamiento biológico. Las muestras de agua para laboratorio y los análisis en campo fueron evaluadas a una profundidad de 20 cm a excepción del efluente de la PTAR que se realizó en un contenedor (balde) debido a la fuerza que ejercía el caudal. La hora de muestreo varió entre las 11:00 horas a 15:30 horas. Para realizar los análisis fisicoquímicos las muestras se recolectaron en



envases de plástico con volumen de un litro y se los forró con cinta aislante para evitar el ingreso de la luz solar, se enjuagó tres veces el frasco en el punto de muestreo y se llenó en su totalidad con el fin de evitar la formación de burbujas dentro del recipiente. Las mismas fueron almacenadas en un cooler a temperatura de  $\pm 4$  °C en forma vertical para que no ocurran derrames y se transportó al siguiente día al Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas para su análisis. Los parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio fueron: Potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Los parámetros físicos analizados en campo fueron la temperatura del agua y la temperatura del aire a través de un termómetro digital con previa calibración en el laboratorio (Tabla 3).

Tabla 3. *Temperaturas del agua y del aire*

Semana	Procedencia de la muestra	Temperatura del agua °C	Temperatura del aire °C
S <sub>0</sub>	PTAR	26,1	37,8
	R <sub>1</sub>	25,5	38,8
S <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	26,3	
	R <sub>3</sub>	27,2	
	R <sub>1</sub>	27,1	37,8
S <sub>2</sub>	R <sub>2</sub>	26,9	
	R <sub>3</sub>	27,4	
S <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	25,9	31
	R <sub>2</sub>	25,3	
	R <sub>3</sub>	25,8	
S <sub>4</sub>	R <sub>1</sub>	27,6	28,4
	R <sub>2</sub>	26,1	
	R <sub>3</sub>	27	

### **Muestreo microbiológico**

El número de muestreos microbiológicos y condiciones en la que se evaluaron corresponde a las mismas pautas establecidas en el muestreo fisicoquímico, por lo que se realizó en la misma área de estudio. Para realizar los análisis microbiológicos las muestras se recolectaron en frascos de plástico debidamente esterilizados en el Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza las cuales fueron abiertas en el momento del muestreo, se dejó un espacio del 10% del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno a los microorganismos. El conteo de Coliformes Fecales y *Escherichia coli* se realizó mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples (Número Más Probable), utilizando caldo Lauril Sulfato, caldo EC y agar EMB-Levine.

Tabla 4. Metodología para análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Parámetro	Siglas	Unidad	Metodología
Potencial de Hidrogeno	pH		Método 4500-H <sup>+</sup>
Conductividad Eléctrica	CE	μS/cm <sup>2</sup>	Método 2510 B
Sólidos Disueltos Totales	SDT	mg/L	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	Método 2540 B
Demanda Biológica de Oxígeno	DBO <sub>5</sub>	mg/L de O <sub>2</sub>	Método 8043; Dilución
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L de O <sub>2</sub>	Método 8000; Digestión de reactor
Coliformes Fecales	CF	NMP/100ml	Método 9221-C; Procedimiento de NMP para coliformes fecales
<i>Escherichia coli</i>	<i>E. Coli</i>	NMP/100ml	Método 9225-B; Diferenciación de bacterias coliformes

Fuente: APHA, AWWA y WPCF, 2017.

### 2.3.7. Cálculo de la biomasa

Las plantas de Jacinto acuático después de su recolección en campo tuvieron un tiempo de retención hidráulica por 7 días en agua limpia, con el fin de contribuir a su adaptación y estabilización. Se midió la biomasa durante el tratamiento biológico para así conocer la producción de biomasa al finalizar el tratamiento biológico.

## 2.4. Comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles

Los resultados de los parámetros analizados fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (Tabla 5), aprobado mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

Tabla 5. *Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales.*

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
CF	NMP/100 ml	10 000
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100
DQO	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 8.5
SST	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

## 2.5. Análisis de datos

Se usó la prueba de Shapiro-Wilk, para determinar la normalidad de los datos, debido que el tamaño de la muestra fue de 13 muestreos.

Se aplicó un coeficiente de correlación de Spearman con el resultado del Potencial de Hidrógeno (pH), temperatura del agua, Conductividad Eléctrica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes Fecales (CF) y *Escherichia coli*.

La comparación entre los datos recogidos durante las cuatro semanas se realizó mediante pruebas estadísticas No Paramétricas debido a que los datos no tenían una distribución normal. Kruskal-Wallis es usada para comparar más de dos muestras o grupos independientes; también, se usó la prueba estadística de U de Mann Whitney usada para comparar diferencias significativas entre dos muestras o grupos independientes. Para el análisis estadístico se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 22.

Las gráficas obtenidas para la evolución de remoción en cada tratamiento biológico se obtuvieron mediante la aplicación de la herramienta de office Excel 2016; en la que adicionalmente se aplicó una fórmula matemática utilizada por Scavo, Rodríguez y Luque (2005) en la determinación del porcentaje de remoción en contaminantes de aguas residuales, donde:

$$E = \frac{(S_0 - S)}{(S_0)} * 100$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema (%)

S: Carga contaminante de salida (mg/l)

S<sub>0</sub>: Carga contaminante de entrada (mg/l)

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Evolución de la remoción de contaminantes en el tratamiento biológico con Jacinto acuático

La Figura 2 muestra el porcentaje de remoción que se obtuvo en la semana uno (7 días). El pH aumentó en 11,7674%, la temperatura del agua aumentó en 0,8940%, la CE y los SDT disminuyó en 14,9729%, los SST presentaron una disminución de 7,9580%, la DBO<sub>5</sub> presentó una disminución de 70,7919%, la DQO presentó una disminución de 98,6582%, las CF y la *Escherichia coli* disminuyeron en 99,5982% y 98,5802% respectivamente.

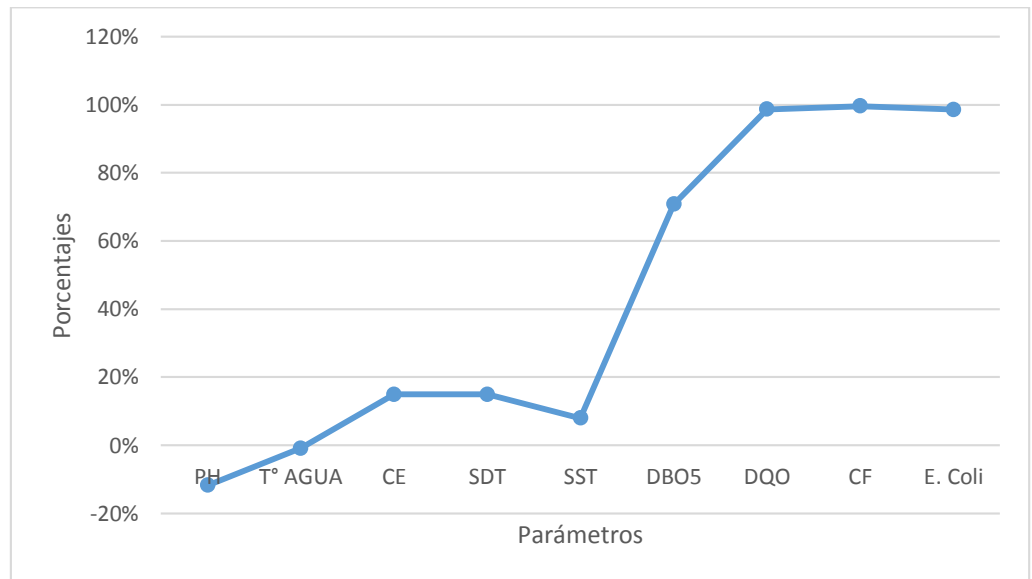


Figura 2. Remoción de contaminantes en la semana uno (7 días)

La Figura 3 muestra el porcentaje de remoción que se obtuvo en la semana dos (14 días). El pH aumentó en 5,2198%, la temperatura del agua aumentó en 3,9591%, la CE y los SDT disminuyó en 21,5447%, los SST presentaron una disminución de 28,6787%, la DBO<sub>5</sub> presentó una disminución de 84,1841%, la DQO presentó un aumento de 13,1356%, las CF y la *Escherichia coli* disminuyeron en 99,9933% y 99,9981% respectivamente.

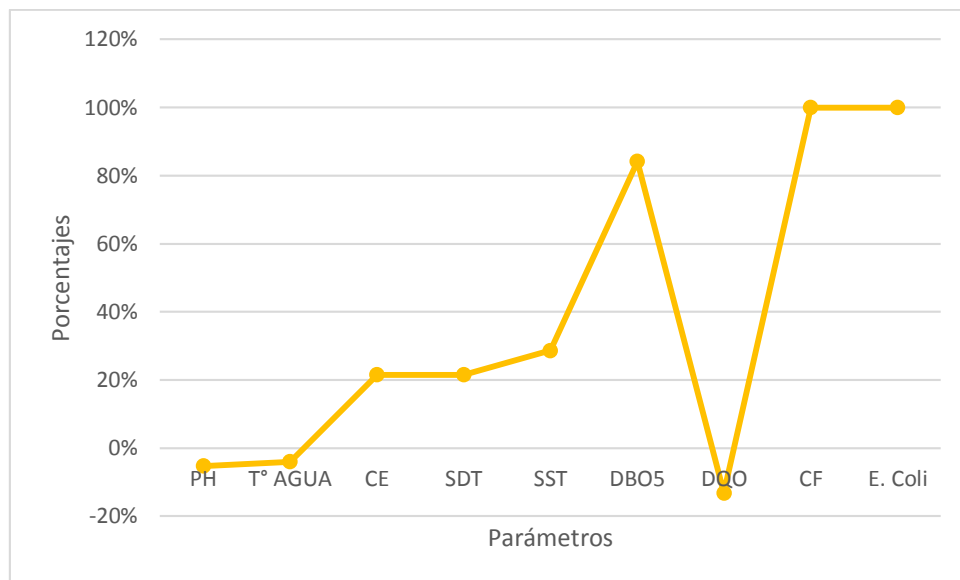


Figura 3. Remoción de contaminantes en la semana dos (14 días)

La Figura 4 muestra el porcentaje de remoción que se obtuvo en la semana tres (21 días). El pH aumentó en 7,2802%, la temperatura del agua disminuyó en 1,6603%, la CE y los SDT disminuyó en 17,0054%, los SST presentaron una disminución de 29,2793%, la DBO<sub>5</sub> presentó una disminución de 80,3638%, la DQO presentó una disminución de 52,2881%, las CF y la *Escherichia coli* disminuyeron en 99,7468% y 99,9991% respectivamente.

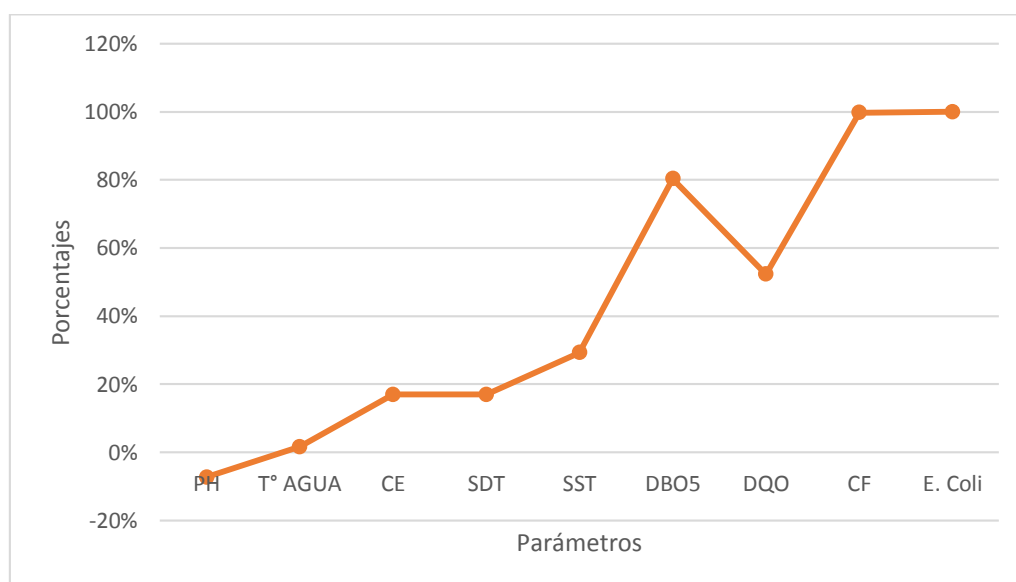


Figura 4. Remoción de contaminantes en la semana tres (21 días)

La Figura 5 muestra el porcentaje de remoción que se obtuvo en la semana cuatro (28 días). El pH aumentó en 2,1062%, la temperatura del agua aumentó en 3,0651%, la CE presentó una disminución de 46,1653%, los SDT disminuyó en 42,1003%, los SST presentaron una disminución de 57,4074%, la DBO<sub>5</sub> presentó una disminución de 84,0503%, la DQO presentó una disminución de 96,3347%, las CF y la *Escherichia coli* disminuyeron en 99,9956% y 99,9994% respectivamente.

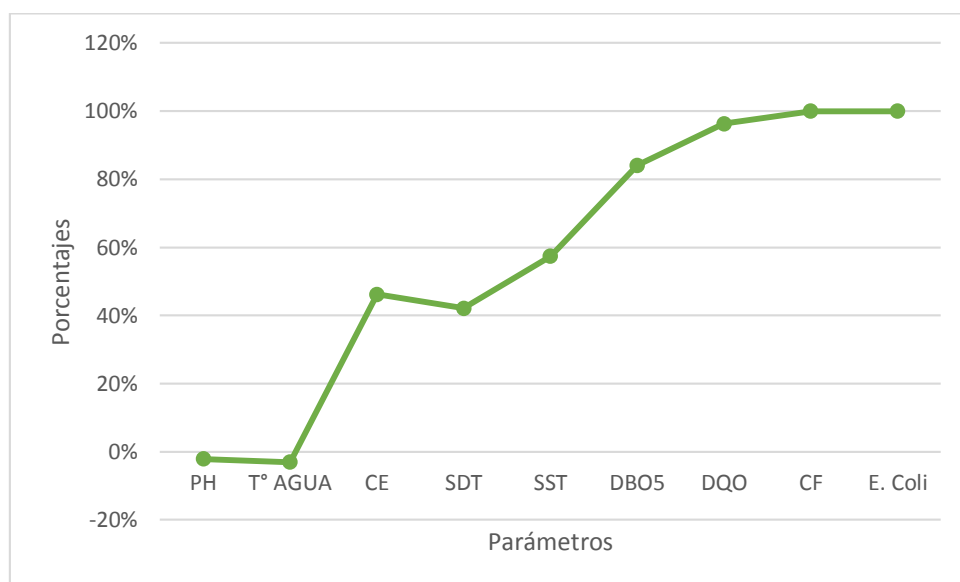


Figura 5. Remoción de contaminantes en la semana cuatro (28 días)

### 3.2. Prueba de normalidad

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk a los valores hallados en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, mostró un p-valor atípico (Tabla 6), lo cual muestra que la distribución de todos los valores no se ajusta a una distribución normal, el p-valor que se aplicó fue de 0,05. Por lo que los datos serán analizados con pruebas estadísticas no paramétricas.



Tabla 6. *Normalidad de variables*

Variable	P – valor
pH	0,080
Temperatura del agua	0,399
Conductividad eléctrica	0,029
Sólidos disueltos totales	0,010
Sólidos suspendidos totales	0,374
Demanda biológica de oxígeno	0,050
Demanda química de oxígeno	0,010
Coliformes fecales	0,000
<i>Escherichia coli</i>	0,000

### 3.3. Correlación de Spearman

En la Tabla 7 se muestra la correlación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con un nivel de confianza al 95% y 99%.

El pH presentó una fuerte correlación positiva al 99% con la CE, SDT, SST y CF; *Escherichia coli* mostró una correlación positiva moderada al 95%. La CE presentó una fuerte correlación positiva al 99% con SDT y SST; las CF y *Escherichia coli* presentó una correlación positiva moderada al 95%. Los SDT presentó una fuerte correlación positiva al 99% con los SST, con las CF. y *Escherichia coli* presentó una correlación positiva moderada al 95%. Los SST presentó una moderada correlación positiva al 95% con CF y *Escherichia coli*. La DBO<sub>5</sub> presentó una fuerte correlación positiva al 99% con CF; quedando claro la interrelación de las variables desde un punto estadístico.

Tabla 7. *Correlación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos*

	CE	SDT	SST	CF	<i>E. coli</i>
pH	0,790**	0,775**	0,832**	0,817**	0,582*
CE		0,988**	0,853**	0,673*	0,603*
SDT			0,862**	0,608*	0,634*
SST				0,637*	0,702*
DBO <sub>5</sub>				0,825**	

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01

\* La correlación es significativa en el nivel 0,05

### 3.4. Prueba de Kruskal Wallis

La prueba de Kruskal Wallis demuestra que existen diferencias entre las cuatro semanas del tratamiento aplicado, específicamente en la CE, SST, DBO<sub>5</sub>, DQO y CF (Tabla 8). En todos los casos se consideró un P-valor del 0,05.

Tabla 8. *Comportamiento de las variables en el tratamiento biológico*

Variable	P – valor
pH	0,081
Temperatura del agua	0,129
Conductividad eléctrica	0,053
Sólidos disueltos totales	0,082
Sólidos suspendidos totales	0,059
Demanda biológica de oxígeno	0,059
Demanda química de oxígeno	0,026
Coliformes fecales	0,044
<i>Escherichia coli</i>	0,063

### 3.5. Prueba de U de Mann Whitney

La prueba de U de Mann Whitney indica que si existen diferencias significativas entre la semana uno (inicio) y la semana cuatro (final) en el pH, CE, SDT, SST, DBO<sub>5</sub>, CF y *Escherichia coli* (Tabla 9).

Tabla 9. *Comportamiento de las variables en el tratamiento biológico*

Variable	P – valor
pH	0,046
Temperatura del agua	0,513
Conductividad eléctrica	0,046
Sólidos disueltos totales	0,050
Sólidos suspendidos totales	0,046
Demanda biológica de oxígeno	0,046
Demanda química de oxígeno	0,275
Coliformes fecales	0,050
<i>Escherichia coli</i>	0,050

### 3.6. Variación de la biomasa en el tratamiento biológico

Después de haber finalizado el tratamiento biológico y realizado las mediciones iniciales y finales de la biomasa (Anexo 4) se procedió a determinar la cantidad de biomasa que se produjo en el tratamiento biológico; la tercera repetición mostró mayor variación de biomasa producida (0,9330 kg), seguida por la primera repetición (0,8075 kg) y finalmente la segunda repetición fue el que menos producción de biomasa mostró (0,7850 kg); el promedio de biomasa producida durante 28 días en el tratamiento biológico fue de 0,8418 kg (Tabla 10).

Tabla 10. *Biomasa producida en el tratamiento biológico*

Repeticiones	Biomasa inicial (kg)	Biomasa final (kg)	Variación biomasa (kg)	Biomasa producida (kg)
R1	0,7725	1,5800	0,8075	
R2	0,7750	1,5600	0,7850	2,5255
R3	0,9300	1,8630	0,9330	
Promedio			0,8418	

### 3.7. Comparación de los resultados con los Límites Máximos Permisibles

La Tabla 11 muestra la comparación de los resultados obtenidos en los tratamientos biológicos con los Límites Máximos Permisibles comprendidos en el Decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

Antes de realizar la descripción es importante indicar que los siguientes parámetros como Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales y *Escherichia coli* no estuvieron inmersos en la comparación debido a que la normativa de permisibilidad no comprende rangos o valores máximos para estos parámetros.

Los parámetros analizados en la PTAR como temperatura del agua, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Biológica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno presentaron niveles muy por debajo del límite máximo permisible; sin embargo, las Coliformes Fecales presentaron niveles muy altos de concentración ( $2,2 \times 10^7$  NMP/100 mL). Además, se observó que, el tratamiento con Jacinto acuático es muy útil para disminuir la Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Coliformes Fecales y *Escherichia coli*.

Tabla 11. Comparación de los resultados obtenidos entre el tratamiento biológico con Jacinto acuático y los Límites Máximos Permisibles

Parámetro	Unidad de medida	PTAR	Jacinto acuático				LMP
			S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	
pH		7,28	8,1	7,7	7,8	7,4	6.5 – 8.5
Temperatura del agua	°C	26,1	26,3	27,1	25,7	26,9	<35
Conductividad eléctrica	uS/cm <sup>2</sup>	492	418,3	386	408,3	264,9	
Sólidos disueltos totales	mg/L	295,2	251	231,6	245	170,9	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	0,333	0,3	0,2	0,2	0,1	150
Demanda biológica de oxígeno	mg/L de O <sub>2</sub>	62,3	38,2	18,2	9,9	9,9	100
Demanda química de oxígeno	mg/L de O <sub>2</sub>	47,2	46,1	43,4	22,5	1,7	200
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2,2x10 <sup>7</sup>	88400	55700	1480	970	10 000
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	3,2x10 <sup>6</sup>	45433,3	59,7	27,3	17,7	

#### IV. DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos experimentaron una modificación considerable en sus concentraciones a partir del séptimo día y se logró constatar que a más tiempo de exposición entre el agua residual y el Jacinto acuático es mayor su depuración de los contaminantes presentes en el agua residual, por consecuencia se observó que la muestra biológica aumentó su biomasa en promedio de 0,8418 kg con un tiempo de retención de 28 días; algunos investigadores como Jaramillo y Flores (2012), indican que la especie de *Eichhornia crassipes* es una especie muy versátil y de rápido crecimiento, además, demuestra eficiencias de remoción muy considerables a un tiempo de retención hidráulica de 7 días.

Los SST y SDT tuvieron una mayor eficiencia en la S<sub>4</sub> con el 57,4074% y 42,1003% respectivamente; resultado que tiene relación con lo obtenido por Bedoya *et al.*, (2014) donde logró una remoción en el rango de 40,3% al 95,5% en ambos casos. Esta eficiencia se logró por la intervención de la fuerza de la gravedad sobre la columna de agua residual almacenadas en un estanque; además, Rodríguez *et al.*, (2010) atribuye estas particularidades a la filtración que tiene lugar en las raíces de *Eichhornia crassipes*.

La mayor remoción de la conductividad eléctrica ocurrió en la S<sub>4</sub> con 46,1653%; esto se debe a que la conductividad eléctrica se encuentra directamente relacionada con los SDT, ya que estos están compuestos por sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua en forma de moléculas ionizadas, siendo un factor determinante en la capacidad de conducir electricidad (Rodríguez *et al.*, 2010).

La temperatura del agua se mantuvo en un promedio de 26,5 °C y del pH en 7,76 durante los tratamientos biológicos, a pesar que la variación de estos parámetros durante el tratamiento biológico fue leve esto favoreció a la remoción de materia orgánica, a la actividad bacteriana (25°C a 35 °C) y al desarrollo de *Eichhornia crassipes*; ya que esta macrófita necesita ciertas condiciones para poder desarrollarse, como que el pH debe estar en el rango

de 6-8 y la temperatura del agua debe ser de 25°C a 27,5°C (Rodríguez *et al.*, 2010; Jaramillo y Flores, 2012).

La mejor disminución de la DBO<sub>5</sub> se dió en la S<sub>4</sub> con una eficiencia de 84,0503% y para la DQO fue de 98,6582% en la S<sub>1</sub>; estas disminuciones se deben a la presencia de bacterias presentes en las raíces del Jacinto acuático, concordando con lo indicado por Fernández (2002), que los procesos que tienen lugar para la depuración de contaminantes en las aguas residuales mediante los tratamientos biológicos se dan por sedimentación de los sólidos, la absorción de nutrientes y la degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas; esto ocurre gracias al máximo contacto que existe entre el agua residual y las raíces de las plantas. Las siguientes investigaciones obtuvieron eficiencias muy similares: Scavo, Rodríguez y Luque (2005), aplicó un sistema de tratamiento complementario a las aguas residuales provenientes de una planta de producción de gaseosas, con pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), en el estado de Aragua obteniendo valores para la DBO<sub>5</sub> de 96,86% y para la DQO de 98,07%; Bedoya *et al.*, (2014) realizaron la evaluación de la DBO<sub>5</sub> (83.2%) y DQO (53.9 %) en humedales artificiales en Colombia obteniendo resultados muy similares. Además, de acuerdo a la literatura de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA, 2000) la eficiencia de los humedales con respecto a la DBO<sub>5</sub> oscila entre el 20 y el 93 % con un promedio de 70.9 %; pudiendo afirmar que con *Eichhornia crassipes* se logró una remoción muy por encima del promedio.

La DQO durante la S<sub>2</sub> presentó un aumento de 13,1356% de su concentración inicial, en esa semana se presencié fuertes lluvias, Según Rodríguez (2009) el aumento de la DBO<sub>5</sub> y DQO esta en conexión con el régimen de precipitaciones; pudiéndose generar arrastre de materiales biodegradables y no biodegradables, además de transportar sedimentos ricos en minerales. Esto al haber generado una modificación de las condiciones del sistema depurativo alteró el funcionamiento de los estanques.

Las coliformes fecales y la *Escherichia coli* se removieron de forma muy similar en todas las semanas, con remociones aproximadas de 99,99%; estos resultados concuerdan con lo obtenido por Mendoza, Pérez y Galindo (2018) quienes obtuvieron remociones de 99,98% en su investigación de la evaluación del aporte de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales. Según Vizcaíno y Fuentes (2016); Rodríguez *et al.*, (2017) atribuyen la remoción de las coliformes fecales y la *Escherichia coli* a la actividad metabólica de las bacterias (25°C a 35 °C) presentes en las raíces de *Eichhornia crassipes* que liberan sustancias como los flavonoides, terpenos, saponinas, fenoles, quinonas y alcaloides actuando como depredadores microscópicos.

La operatividad de la PTAR de Copallín demuestra que el agua residual sale con elevada carga en parámetros microbiológicos, donde existe la necesidad de aplicar el tratamiento biológico como una unidad complementaria por demostrar que es una tecnología alternativa, económica, ambientalmente segura y por presentar elevados niveles de remoción de contaminantes microbiológicos; así, se permite disminuir las concentraciones de sustancias con el potencial de alterar el equilibrio del ecosistema (Jaramillo, Buitrago, Henao y Galvis, 2016).



## V. CONCLUSIONES

- Según la investigación realizada el empleo de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales demostró ser muy eficiente para depurar el agua residual proveniente del efluente de la PTAR del distrito de Copallín; ya que se observó disminuciones de la CE en 46,1653%, los SDT en 42,1003%, los SST en 57,4074%, la DBO<sub>5</sub> en 84,0503%, la DQO en 96,3347%, las Coliformes Fecales y *Escherichia coli* en 99,9956% y 99,9956% respectivamente. Además de demostrar ser una tecnología económica y sostenible en el tiempo.
- Se implementó el sistema depurativo con Jacinto acuático que constó de tres estanques o repeticiones, sus dimensiones fueron 1 metro cuadrado de superficie por 0,5 metros de profundidad; además, se llenó con 300 litros de agua residual y se colocó 10 plantas en cada estanque.
- Se determinó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del efluente de la PTAR del distrito de Copallín siendo de 26,1°C la temperatura del agua, el pH de 7,28, la CE de 492 uS/cm<sup>2</sup>, los SDT de 295,2 mg/L, los SST de 0,333 mg/L, la DBO<sub>5</sub> de 62.3 mg/L de O<sub>2</sub>, la DQO de 47,2 mg/L de O<sub>2</sub>, las CF de 22000000 NMP/100 MI y la *E. Coli* de 3200000 NMP/100 mL. Mientras que los parámetros tratados con Jacinto acuático fueron de 26,3 °C de temperatura de agua, el pH de 8,1, la CE de 418 uS/cm<sup>2</sup>, los SDT de 251 mg/L, los SST de 0,31 mg/L, la DBO<sub>5</sub> de 18,19 mg/L de O<sub>2</sub>, la DQO de 0,633 mg/L de O<sub>2</sub>, las CF de 88400 NMP/100 mL y la *E. Coli* de 45433,3 NMP/100 mL.
- Al finalizar el tratamiento biológico se observó una variación promedio de biomasa de 0,8418 kg y una producción total de 2,5 kg durante 28 días.
- El uso de *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas residuales depende mucho del tipo de efluente a tratar, se ha demostrado que es muy eficiente para depurar efluentes pretratados.

- La prueba de Kruskal-Wallis y la U de Mann Whitney demuestra que existen diferencias significativas en la remoción de contaminantes en el tratamiento biológico.

## VI. RECOMENDACIONES

- La Municipalidad Distrital de Copallín debe de tomar como base los resultados obtenidos en esta investigación para realizar mejoras en la eficiencia de la PTAR, sin embargo, debe realizar simulaciones a flujo continuo.
- Incorporar investigaciones en relación a la contaminación hídrica por productos farmacéuticos en plantas de tratamiento de aguas residuales, por ser la conexión directa con un cuerpo hídrico.
- Los practicantes y tesistas que realicen sus propios análisis de aguas deben informarse de todas las medidas de seguridad que existe dentro de un laboratorio, por estar en una zona de riesgo biológico y por realizar trabajos con equipos a presión mayor que la atmosférica.
- Se debe investigar con más detalle las reacciones bioquímicas en *Eichhornia crassipes* que hacen posible la disminución de los contaminantes presentes en las aguas residuales.
- El empleo de esta macrófita esta condicionada a zonas donde su población actual y crecimiento poblacional sea mínima, caso contrario es mejor emplear tecnologías más sofisticadas.
- Se recomienda la construcción de un muro al momento de replicar estos tratamientos, ya que se estaría previniendo el ingreso de materiales por arrastre generado en épocas de lluvias.
- En este sistema biológico se recomienda el empleo de una profundidad máxima de 2 metros para aumentar el funcionamiento y operatividad del sistema; ya que el crecimiento radicular de *Eichhornia crassipes* es de 1,80 metros durante su desarrollo.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation). (2017). *Standard methods for examination water and wastewater*. Washington: APHA.
- Bedoya, J. C., Ardila, A. N., y Reyes, J. (2014). Evaluación de un humedad artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la institución universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(3), 275 - 283.
- Coronel, E. (2015). *Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y Lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.
- Dávila, R. A., y León, H. (2011). Importancia de la hidrogeología urbana; ciencia clave para el desarrollo urbano sostenible. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63(3), 463-477.
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. (2010). *Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Díaz, A., Atencio, V., y Pardo, S. (2014). Assessment of an artificial free-flow wetland system with water. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 27, 202-210.
- EPA (Environmental Protection Agency). (2000). *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*. Cincinnati, Ohio, EUA.
- Fernández, J. (2002). *Humedales artificiales para la depuración*.



- García, T., y Zarela, M. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.
- Gómez, E., Ríos, L., y Peña, J. (2012). Madera, un Potencial Material Lignocelulósico para la producción de biocombustibles en Colombia. *Información Tecnológica*, 23(6), 73-86 pp.
- González, J. L., Mejía, R., y Molina, F. (2012). Diseño conceptual de una estación experimental de tratamiento de aguas residuales domésticas orientada a municipios con población menor a 30000 habitantes. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(21), 87-100 pp.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). *Estimaciones y Proyecciones de población por sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000-2015*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de [https://www.google.com/search?client=firefox-b-ab&ei=OwfXLT0N6nU5gKu7bYAw&q=Estimaciones+y+Proyecciones+de+Poblaci%C3%B3n+por+Sexo%2C+seg%C3%BAAn+Departamento%2C+Provincia+y+Distrito%2C+2000\\_2015&oq=Estimaciones+y+Proyecciones+de+Poblaci%C3%B3n+por+Sexo%2C+seg%C3%BAAn+Departamento%2C+Provincia+y+Distrito%2C+2000\\_2015](https://www.google.com/search?client=firefox-b-ab&ei=OwfXLT0N6nU5gKu7bYAw&q=Estimaciones+y+Proyecciones+de+Poblaci%C3%B3n+por+Sexo%2C+seg%C3%BAAn+Departamento%2C+Provincia+y+Distrito%2C+2000_2015&oq=Estimaciones+y+Proyecciones+de+Poblaci%C3%B3n+por+Sexo%2C+seg%C3%BAAn+Departamento%2C+Provincia+y+Distrito%2C+2000_2015)
- Jaramillo, M. D., y Flores, E. D. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemma minor (Lenteja de agua), y Eichhornia crassipes (Jacinto acuático) en aguas residuales producto de la actividad minera (Tesis de pregrado)*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Jaramillo, M. T., Buitrago, D. P., Henao, S. M., y Galvis, J. H. (2016). Manejo de macrófitas acuáticas en la acumulación y transformación de cianuro producto del beneficio del oro en la mina la coqueta. *Centro de historia natural*, 20(1), 63-77 pp.

- León, M., y Lucero, A. M. (2009). *Estudio de Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del Canton Cotacachi (Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra - Ecuador.
- Mal, R., Sampaio, I., y Parolin, P. (2014). Biofilter efficiency of *Eichhornia crassipes* in wastewater treatment of fish farming in Amazonia. *Oyton*, 84(1), 244-251 pp.
- Martelo, J., y Lara, J. A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Ingeniería y ciencias*, 8(15), 221-243.
- Mendoza, Y. I., Pérez, J. I., y Galindo, A. A. (2018). Evaluación del aporte de las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Informacion tecnológica*, 29(2), 205-2014pp.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj015TT4bbfAhUpqlkKHb6dDTsQFjAAegQIBBAC>
- Palta, G. H., y Morales, S. (2013). Fitodepuración de aguas residuales domésticas con Poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximum* en el Municipio de Popayán, Cauca. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 11(2), 57-65.
- Poma, V. R., y Valderrama, A. C. (2014). Estudios de los parámetros físicoquímico para la fitorremediación de Cadmio (II) y Mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 80(3), 164-173.
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/209>


- Rios, C., Appasamy, D., y Roberts, c. (2011). An integrated remediation system using synthetic and natural zeolites for treatment of wastewater and contaminated sediments. *Dyna*, 78(170), 125-134.
- Rodríguez, C. N., Zarate, A. G., y Sánchez, L. C. (2017). Actividad antimicrobiana de cuatro variedades de plantas frente a patógenos de importancia clínica en Colombia. *Ceparium*, 15(27), 119-129pp.
- Rodríguez, J. P., Gómez, E., Garavito, L., y López, F. (2010). Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. *Tecnología y ciencias del agua*, 1(1), 59-68 pp.
- Rodríguez, N. (2009). *Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas (Tesis doctoral)*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Salgado, I., Durán, C., Cruz, M., Carballo, M. E., y Martínez, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 17-26 pp.
- Scavo, M., Rodríguez, O., y Luque, O. (2005). Estudio de un sistema de tratamiento de aguas residuales complementario, con Pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), provenientes de una planta de producción de gaseosas, en Villa de cura, estado de Aragua. *Universidad Central de Venezuela*, 1(1), 17 pp.
- Vidal, G., y Araya, F. (2014). *Las aguas servidas y su depuración en zonas rurales: situación actual y desafíos*. Chile: Universidad de Concepción.
- Vizcaíno, L., y Fuentes, N. (2016). Efectos de *Eisenia foetida* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 19(1), 189-198 pp.

# ANEXOS

## Anexo 1. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFT- 0036	Versión: 01
<b>INFORME DE ENSAYO</b>		Página: 01	

INFORME DE ENSAYO N° : **LAB18-AA-243**

I. DATOS GENERALES.	
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE	RODRÍGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE
DIRECCIÓN	JR TRIUNFO 187
RUC / DNI	71067327
REFERENCIA	TESIS
PROCEDENCIA	COPALLIN (BAGUA)
PRESENTACIÓN	1 FRASCO DE PLASTICO TRASLUCIDO ESTERIL DE 200 ML Y 1
MUESTREADO POR	RODRÍGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE
FECHA Y HORA DE COLECTA	domingo, 26 de agosto de 2018 <span style="float: right;">11:00:00 a.m.</span>
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN	jueves, 27 de septiembre de 2018 <span style="float: right;">09:20:00 a.m.</span>
FECHA Y HORA DE INICIO DE ENSAYOS	jueves, 27 de septiembre de 2018 <span style="float: right;">12:30:00 p.m.</span>
FECHA Y HORA DE EMISIÓN DEL INFORME DE	jueves, 07 de marzo de 2019 <span style="float: right;">10:25:22 a.m.</span>
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE	PTAR
TIPO DE AGUA	AGUA TRATAMIENTO
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS	FQ/MB
AUTORIZADO Y REALIZADO POR: JESÚS RASCON BARRIOS	FUNCIONES: FQ/MB <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">                        FIRMA:                      Jesús Rascon Barrios                      Biólogo                      C. P. D. 13752                 </div>

### 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.

PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN					
PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA	
pH	Método 4500-H <sup>+</sup> , APHA, AWWA, WPFC.	pH	<0.001	7,28	
T ° (in situ)	Método 2550B, APHA, AWWA, WPFC.	°C	<0.1	#	
TURBIDEZ	-	UNT	<1	#	
OXÍGENO DISUELTO	Método 4500-O G, APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0.01	#	
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Método 2510 B, APHA, AWWA, WPFC.	µS/cm <sup>2</sup>	<0.1	492,0	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	295,2	
SOLIDOS TOTALES	Método 2540 B, APHA, AWWA, WPFC.	mg/L	<0.1	0,3330	


PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METÁLICOS					
PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA	
ALCALINIDAD	Método 2320B, APHA, AWWA, WPFC.	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	
CLORUROS	Método 4500-Cl-B, APHA, AWWA, WPFC.	ppm Cl <sup>-</sup>	<0.355	#	
DUREZA	Método 2340C, APHA, AWWA, WPFC.	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	
NITRATOS	Método 8039, HACH	ppm NO <sub>3</sub>	<0.1	#	
NITRITOS	Método 8507, HACH.	ppm NO <sub>2</sub>	<0.001	#	
SULFATOS	Método 375.4, EPA.	ppm SO <sub>4</sub>	<1.0	#	
FOSFATOS	Método 8190, HACH.	ppm PO <sub>4</sub>	<0.04	#	
AMONIO	Método 4500 NH <sub>3</sub> C, APHA, AWWA, WPFC.	ppm NH <sub>4</sub>	<0.02	#	

3. RESULTADOS PARÁMETROS MATERIA ORGÁNICA					
PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA	
D.B.O. <sub>5</sub>	Método 8043, HACH. Dilución	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.01	62,300	
D.Q.O.	Método 8000, HACH. Digestión de Reactor	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.7	47,200	

L. D. = Limite mínimo de detección del método. U. D. = Unidad de Medida. # = Parámetro no solicitado. MB=Área de Análisis Microbiológico. FQ= Área de Análisis Físicoquímico

Los resultados presentados son validos únicamente para las muestras ensayadas.  
 Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ccs.edu.pe

  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
 EL GO. JESÚS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE



INFORME DE ENSAYO N° : LAB18-AA-243

**4. RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO**

**GRUPO COLIFORMES**

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA
DILUCIÓN	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10 <sup>-3</sup>
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Múltiple(NMP) de Coliformes Totales	NMP/100mL	NMP	#
COLIFORMES FECALES	Método 9221-C, APHA, AWWA, WPFC: Procedimiento de NMP para Coliformes Fecales	NMP/100mL	NMP	22000000,0
E. COLI	Método 9225-B, APHA, AWWA, WPFC: Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100mL	NMP	3200000,0

**GRUPO ESTREPTOCOCOS**

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA
DILUCIÓN	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	#
ESTREPTOCOCOS	Método 9230-B, APHA, AWWA, WPFC: Técnica de Tubo Múltiple	NMP/100mL	NMP	#
ENTEROCOCOS	Método 9230-B, APHA, AWWA, WPFC: Técnica de Tubo Múltiple	NMP/100mL	NMP	#

**SALMONELLA**

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA
SALMONELLA	Método 9260-B, APHA, AWWA, WPFC: Procedimientos Generales Cualitativos de Aislamiento e Identificación de <i>Salmonella</i>	PRESENCIA / AUSENCIA	P/A	#

**VIBRIO CHOLERAE**

PARÁMETROS	MÉTODO	U. D.	L. D.	MUESTRA
------------	--------	-------	-------	---------

L. D = Limite minimo de detección del método. # = Parámetro no solicitado.

* OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES
-----------------	-------------------

Los resultados presentados son validos únicamente para las muestras ensayadas.  
Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.  
Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

CC. Arc.

Recibi Conforme:


Nombre:

DNI:


Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

Calle Higos Urco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°104 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
labisag@untra.edu.pe / labisag@mdes-ces.edu.pe

  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
LABISAG  
 BLGO JESÚS RASCÓN BARRIOS  
RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO N°				LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE				1. DATOS GENERALES		
DIRECCION				RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE		
RUC / DNI				JR TRIUNFO 187 71067327		
REFERENCIA				TESIS		
PROCEDENCIA				COPALLIN (BAGUA)		
PRESENTACION				COPALLIN (BAGUA)		
MUESTREADO POR				1 FRASCO DE PLASTICO TRASLUCIDO ESTERIL DE 200 ML Y 1 FRASCO OSCURO DE PLASTICO DE 1L		
FECHA DE COLECTA				RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE		
HORA DE COLECTA				02/09/2018	02/09/2018	02/09/2018
FECHA DE RECEPCION				03:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.	03:00:00 p.m.
HORA DE RECEPCION				03/09/2018	03/09/2018	03/09/2018
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS				09:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.	09:00:00 a.m.
HORA DE INICIO DE ENSAYOS				03/09/2018	03/09/2018	03/09/2018
FECHA DE EMISION DEL INFORME DE ENSAYO				11:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.
HORA DE EMISION DEL INFORME DE ENSAYO				05/10/2018	05/10/2018	05/10/2018
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE				11:19:56 a.m.		
TIPO DE AGUA				P1	P2	P3
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS				AGUA TRATAMIENTO	AGUA TRATAMIENTO	AGUA TRATAMIENTO
				FQ/MB	FQ/MB	FQ/MB

AUTORIZADO Y REALIZADO POR:		FUNCIONES:	FIRMA:
Jesus Rascon Barrios		Responsable del Area de Analisis Fisicoquimico de Aguas	 Jesus Rascon Barrios Biólogo C.B.P. 13752

### 2. RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS

PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN						
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
pH	Método 4500-H APHA, AWWA, WPC.	pH	<0.001	7,86	7,92	8,63
T ° (in situ)	Método 2550B, APHA, AWWA, WPC.	°C	<0.1	#	#	#
TURBIDEZ	Método 4500-CU, APHA, AWWA, WPC.	UNT	<1	#	#	#
OXIGENO DISUELTO	Método 2510 B, APHA, AWWA, WPC.	mg/L	<0.01	#	#	#
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Método 2510 B, APHA, AWWA, WPC.	µS/cm²	<0.1	429	407	419
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES		mg/L	-	257,4	244,2	251,4
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Método 2540 B, APHA, AWWA, WPC.	mg/L	<0.1	0,2890	0,3105	0,3200

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METALICOS						
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
ALCALINIDAD	Método 2320B, APHA, AWWA, WPC.	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	#	#
CLORUROS	Método 4500-Cl-B, APHA, AWWA, WPC.	ppm Cl	<0.355	#	#	#
DUREZA	Método 2340C, APHA, AWWA, WPC.	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	#	#
NITRATOS	Método 8039, HACH	ppm NO <sub>3</sub>	<0.1	#	#	#
NITRITOS	Método 8307, HACH	ppm NO <sub>2</sub>	<0.001	#	#	#
SULFATOS	Método 375.4, EPA	ppm SO <sub>4</sub>	<1.0	#	#	#
FOSFATOS	Método 8190, HACH	ppm PO <sub>4</sub>	<0.04	#	#	#
AMONIO	Método 4500 NH <sub>3</sub> C, APHA, AWWA, WPC.	ppm NH <sub>3</sub>	<0.02	#	#	#
D.B.O. 5	Método 8043, HACH Dilución	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.01	15,77	17,65	21,17
D.Q.O.	Método 8000, HACH: Digestion de Reactor	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.7	<0,7	0,2	>0,7

### 3. RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO

GRUPO COLIFORMES						
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
+	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5	10-5	10-5
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estándarizada de Fermentación en Tubo Multiple(NMP) de CT	NMP/100ml L.	NMP	#	#	#
COLIFORMES FECALES	Método 9221-C, APHA, AWWA, WPC. Procedimiento de NMP para CF	NMP/100ml L.	NMP	16000,0	9200,0	240000,0
E. COLI	Método 9223-B, APHA, AWWA, WPC. Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100ml L.	NMP	2800,0	3500,0	130000,0

GRUPO ESTREPTOCOCOS						
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
DILUCION	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5	10-5	10-5
ESTREPTOCOCOS	Método 9230-B, APHA, AWWA, WPC. Técnica de Tubo Multiple	NMP/100ml L.	NMP	#	#	#
ENTEROCOCOS	Método 9230-B, APHA, AWWA, WPC. Técnica de Tubo Multiple	NMP/100ml L.	NMP	#	#	#

SALMONELLA						
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
SALMONELLA	Método 9260-C, APHA, AWWA, WPC. Procedimientos Generales Cualitativos de Aislamiento e Identificación de	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#	#	#

V. CHOLERAE						
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-235	LAB18-AA-236	LAB18-AA-237
V. CHOLERAE	Método 9260-H, APHA, AWWA, WPC. <i>Vibrio cholerae</i>	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#	#	#

L. D. = Límite inferior de detección del método. U.D. = Unidad de Medida. # = Parámetro no solicitado. MB = Área de Análisis Microbiológico. FQ = Área de Análisis Fisicoquímico

\* OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

SIN OBSERVACIONES

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.  
 Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.


Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Recibi Conforme:  
 Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG

BIÓLOGO JESÚS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO N°		LAB18-AA-244	LAB18-AA-245	LAB18-AA-246
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE		1. DATOS GENERALES		
DIRECCIÓN		RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE		
RUC / DNI		JR TRIUNFO 187 71067327		
REFERENCIA		TESIS		
PROCEDENCIA		COPALLIN (BAGUA)	COPALLIN (BAGUA)	COPALLIN (BAGUA)
PRESENTACION		1 FRASCO DE PLASTICO TRASLUCIDO ESTERIL DE 200 ML Y 1 FRASCO OSCURO DE PLASTICO DE 1L		
MUESTREO POR		RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE		
FECHA DE COLECTA		09/09/2018	09/09/2018	09/09/2018
HORA DE COLECTA		11:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.	11:00:00 a.m.
FECHA DE RECEPCION		10/09/2018	10/09/2018	10/09/2018
HORA DE RECEPCION		09:20:00 a.m.	09:20:00 a.m.	09:20:00 a.m.
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS		10/09/2018	10/09/2018	10/09/2018
HORA DE INICIO DE ENSAYOS		12:30:00 p.m.	12:30:00 p.m.	12:30:00 p.m.
FECHA DE EMISION DEL INFORME DE ENSAYO			25/02/2019	
HORA DE EMISION DE INFORME DE ENSAYO			01:46:05 p.m.	
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE				
TIPO DE AGUA		P1	P2	P3
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS		AGUA TRATAMIENTO	AGUA TRATAMIENTO	AGUA TRATAMIENTO
AUTORIZADO Y REALIZADO POR:		FIRMAS:		
Jesús Rascón Barrios		 Jesús Rascón Barrios Biólogo S.B.P. 13752		
FUNCIONES:		Responsable del Area de Análisis Fisicoquímico de Aguas		

**2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS**

PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	
pH	Método 4500-H <sup>+</sup> APHA, AWWA, WPCF.	pH	<0.001	7,58
T (in situ)	Método 2550B APHA, AWWA, WPCF.	°C	<0.1	#
TURBIDEZ	Método 4500-CU APHA, AWWA, WPCF.	UNT	<1	#
OXÍGENO DISUELTTO	Método 4500-O <sub>2</sub> APHA, AWWA, WPCF.	mg/L	<0.01	#
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Método 2510 B APHA, AWWA, WPCF.	µS/cm <sup>2</sup>	<0.1	389
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	233,4
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Método 2540 B APHA, AWWA, WPCF.	mg/L	<0.1	0,2190

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METÁLICOS				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	
ALCALINIDAD	Método 2320B APHA, AWWA, WPCF.	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#
CLORUROS	Método 4500-Cl-B APHA, AWWA, WPCF.	ppm Cl <sup>-</sup>	<0.355	#
DUREZA	Método 2340C APHA, AWWA, WPCF.	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#
NITRATOS	Método 8039 HACH.	ppm NO <sub>3</sub>	<0.1	#
NITRITOS	Método 8507 HACH.	ppm NO <sub>2</sub>	<0.001	#
SULFATOS	Método 3754 EPA.	ppm SO <sub>4</sub>	<1.0	#
FOSFATOS	Método 8190 HACH.	ppm PO <sub>4</sub>	<0.04	#
AMONIO	Método 4500 NH <sub>3</sub> C APHA, AWWA, WPCF.	ppm NH <sub>3</sub>	<0.02	#
D.B.O. <sub>5</sub>	Método 8043 HACH Dilución	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.01	8,35
D.Q.O.	Método 8009 HACH Digestión de Reactor	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.7	34,80

**3. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

GRUPO COLIFORMES				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	
#	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Múltiple (NMP) de CT	NMP/100ml L.	NMP	#
COLIFORMES FECIALES	Método 9221-C APHA, AWWA, WPCF. Procedimiento de NMP para CF	NMP/100ml L.	NMP	540,0
E. COLI	Método 9223-B APHA, AWWA, WPCF. Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100ml L.	NMP	140,0

GRUPO ESTREPTOCOCOS				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	
#	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5
ESTREPTOCOCOS	Método 9236-B APHA, AWWA, WPCF. Técnica de Tubo Múltiple	NMP/100ml L.	NMP	#
ENTEROCOCOS	Método 9236-B APHA, AWWA, WPCF. Técnica de Tubo Múltiple	NMP/100ml L.	NMP	#

SALMONELLA				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	
SALMONELLA	Método 9256-B APHA, AWWA, WPCF. Procedimientos Generales Cualitativos de Aislamiento e Identificación de Salmonella	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#

V. CHOLERA				
PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	
V. CHOLERA	Método 9260-B APHA, AWWA, WPCF. Fibro cholerae	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#

L. D. - Límite máximo de detección del método. U.D. - Unidad de Medida. # - Parámetro no solicitado. MB - Área de Análisis Microbiológico. FQ - Área de Análisis Fisicoquímico


* OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES
-----------------	-------------------	-------------------	-------------------

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.  
 Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABISAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Recibi Conforme	Firma de Conformidad
Nombre:	
DNI:	
Fecha y Hora:	

Calle Higuas Uco N°342-350-356 - Calle Universitaria N°304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labisag@unm.edu.pe / labisag@ndm-co.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL  
**TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**  
 LABISAG  
  
**BLGO. JESUS RASCON BARRIOS**  
 RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO N°				LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
RAZÓN SOCIAL O NOMBRE				I. DATOS GENERALES		
DIRECCIÓN				RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE		
RUC / DNI				JR TRIUNFO 187		
REFERENCIA				71007327		
PROCEDENCIA				TESIS		
PRESENTACIÓN				COPALLIN (BAGUA)		
MUESTREO POR				1 FRASCO DE PLASTICO TRASLUCIDO ESTERIL DE 200 ML Y 1 FRASCO OSCURO DE PLASTICO DE 1L		
FECHA DE COLECTA				RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE		
HORA DE COLECTA				16/09/2018		
FECHA DE RECEPCIÓN				12:00:00 p.m.		
HORA DE RECEPCIÓN				17/09/2018		
FECHA DE INICIO DE ENSAYOS				16/09/2018		
HORA DE INICIO DE ENSAYOS				12:00:00 p.m.		
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME DE ENSAYO				17/09/2018		
HORA DE EMISIÓN DEL INFORME DE ENSAYO				08:00:00 a.m.		
CÓDIGO DE MUESTRA CLIENTE				17/09/2018		
TIPO DE AGUA				09:00:00 a.m.		
LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS				25/02/2019		
AUTORIZADO Y REALIZADO POR:				P1 P2 P3		
FUNCIONES:				AGUA TRATAMIENTO FQ/MB		
FIRMA:				AGUA TRATAMIENTO FQ/MB		
Jesús Rascón Barrios				 Jesús Rascón Barrios Biólogo C.B.P. 13752		

## 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.

PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN						
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
pH	Método 4500-H <sup>+</sup> ; APHA, AWWA, WPCF	pH	<0.001	7,79	7,54	8,10
T °(in situ)	Método 2550B; APHA, AWWA, WPCF	°C	<0.1	#	#	#
TURBIDEZ	-	UNT	<1	#	#	#
OXIGENO DISUELTOS	Método 4500-O G; APHA, AWWA, WPCF	mg/L	<0.01	#	#	#
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Método 2510 B; APHA, AWWA, WPCF	µS/cm <sup>2</sup>	<0.1	444	361	420
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	266,4	216,6	252
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Método 2540 B; APHA, AWWA, WPCF	mg/L	<0.1	0,2940	0,1540	0,2585

PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METÁLICOS						
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
ALCALINIDAD	Método 2320B; APHA, AWWA, WPCF	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	#	#
CLORUROS	Método 4500-Cl <sup>-</sup> ; APHA, AWWA, WPCF	ppm Cl <sup>-</sup>	<0.355	#	#	#
DUREZA	Método 2340C; APHA, AWWA, WPCF	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	#	#
NITRATOS	Método 8039; HACH	ppm NO <sub>3</sub>	<0.1	#	#	#
NITRITOS	Método 8507; HACH	ppm NO <sub>2</sub>	<0.001	#	#	#
SULFATOS	Método 3754; EPA	ppm SO <sub>4</sub>	<1.0	#	#	#
FOSFATOS	Método 8190; HACH	ppm PO <sub>4</sub>	<0.04	#	#	#
AMONIO	Método 4500 NH <sub>3</sub> C; APHA, AWWA, WPCF	ppm NH <sub>3</sub>	<0.02	#	#	#
D.B.O. 5	Método 8043; HACH; Dilución	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.01	10,45	11,25	15,00
D.Q.O.	Método 8000; HACH; Digestión de Reactor	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.7	20,73	10,3	36,53

## 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

GRUPO COLIFORMES						
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
-	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5	10-5	10-5
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Multiplicado (MP) de CT	NMP/100ml	-	#	#	#
COLIFORMES FECALES	Método 9221-C; APHA, AWWA, WPCF; Procedimiento de NMP para CF	NMP/100ml	-	1700,0	5400,0	160000,0
E. COLI	Método 9225-R; APHA, AWWA, WPCF; Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100ml	-	24,0	20,0	38,0

GRUPO ESTREPTOCOCOS						
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
DILUCIÓN	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5	10-5	10-5
ESTREPTOCOCOS	Método 9230-B; APHA, AWWA, WPCF; Técnica de Tubo Multiplicado	NMP/100ml	-	#	#	#
ENTEROCOCOS	Método 9230-B; APHA, AWWA, WPCF; Técnica de Tubo Multiplicado	NMP/100ml	-	#	#	#

SALMONELLA						
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
SALMONELLA	Método 9201-B; APHA, AWWA, WPCF; Procedimientos Generales Cualitativos de Aislamiento y Identificación de Salmonella	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#	#	#

V. CHOLERAEE						
PARAMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-292	LAB18-AA-293	LAB18-AA-294
V. CHOLERAEE	Método 9260-1E; APHA, AWWA, WPCF; <i>Vibrio cholerae</i>	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#	#	#

L. D.: Límite máximo de detección del método. U.D.: Unidad de Medida. #: Parámetro no solicitado. MB: Área de Análisis Microbiológico. FQ: Área de Análisis Físicoquímico

* OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES	SIN OBSERVACIONES
-----------------	-------------------	-------------------	-------------------

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.  
 Cuando probada la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LABSAG.  
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Recibi Conforme:  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 DNI: \_\_\_\_\_  
 Fecha y Hora: \_\_\_\_\_

Firma de Conformidad

Calle Higuero N°341,350-356 - Calle Universitaria N° 304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labiag@untram.edu.pe | labiag@untram.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABSAG

  
**BLGO. JESÚS RASCON BARRIOS**  
 RESPONSABLE

INFORME DE ENSAYO N°: LAB18-AA-299, LAB18-AA-300, LAB18-AA-301

**1. DATOS GENERALES**

RAZÓN SOCIAL O NOMBRE: RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE  
 DIRECCIÓN: JR TRIUNFO 187  
 RUC / DNI: 71007327  
 REFERENCIA: TESIS  
 PROCEDENCIA: COPALLIN (BAGUA) / COPALLIN (BAGUA) / COPALLIN (BAGUA)  
 PRESENTACIÓN: 1 FRASCO DE PLASTICO TRASLUCIDO ESTERIL DE 200 ML Y 1 FRASCO OSCURO DE DE PLASTICO DE 1L  
 MUESTREO POR: RODRIGUEZ VASQUEZ, CARLOS ENRIQUE  
 FECHA DE COLECTA: 23/09/2018  
 HORA DE COLECTA: 03:00:00 p.m.  
 FECHA DE RECEPCION: 24/09/2018  
 HORA DE RECEPCION: 08:00:00 a.m.  
 FECHA DE INICIO DE ENSAYOS: 24/09/2018  
 HORA DE INICIO DE ENSAYOS: 09:00:00 a.m.  
 FECHA DE EMISION DEL INFORME DE ENSAYO: 24/09/2018  
 HORA DE EMISION DEL INFORME DE ENSAYO: 11:27:22 a.m.  
 TIPO DE AGUA: P1  
 LUGAR DE DESARROLLO DE LOS ANALISIS: P2

**AGUA TRATAMIENTO FO/MB**      **AGUA TRATAMIENTO FO/MB**      **AGUA TRATAMIENTO FO/MB**

AUTORIZADO Y REALIZADO POR: Jesús Rascon Barrios  
 FUNCIONES: Responsable del Area de Analisis Fisicoquimico de Aguas  
 FIRMA:  **Jesús Rascon Barrios Biólogo C.B.P. 13752**

**2. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.**

**PARÁMETROS FÍSICOS Y DE AGREGACIÓN**

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-299	LAB18-AA-300	LAB18-AA-301
pH	Método 4500-H <sup>+</sup> , APHA, AWWA, WPCF	pH	<0.001	7,36	7,47	7,47
T° (in situ)	Método 2550B, APHA, AWWA, WPCF	°C	<0.1	#	#	#
TURBIDEZ	-	UNT	<1	#	#	#
OXIGENO DISUELTO	Método 4500-O G, APHA, AWWA, WPCF	mg/L	<0.01	#	#	#
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Método 2510 B, APHA, AWWA, WPCF	µS/cm <sup>2</sup>	<0.1	186,6	304	304
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	-	mg/L	-	111,96	182,4	218,4
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Método 2540 B, APHA, AWWA, WPCF	mg/L	<0.1	0,0955	0,1650	0,1650

**PARÁMETROS INORGÁNICOS NO METÁLICOS**

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-299	LAB18-AA-300	LAB18-AA-301
ALCALINIDAD	Método 2320B, APHA, AWWA, WPCF	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	#	#
CLORUROS	Método 4500-Cl-B, APHA, AWWA, WPCF	ppm Cl <sup>-</sup>	<0.355	#	#	#
DUREZA	Método 2340C, APHA, AWWA, WPCF	ppm CaCO <sub>3</sub>	<0.5	#	#	#
NITRATOS	Método 8039, HACH	ppm NO <sub>3</sub>	<0.1	#	#	#
NITRITOS	Método 8507, HACH	ppm NO <sub>2</sub>	<0.001	#	#	#
SULFATOS	Método 375.4, EPA	ppm SO <sub>4</sub>	<1.0	#	#	#
FOSFATOS	Método 8190, HACH	ppm PO <sub>4</sub>	<0.04	#	#	#
AMONIO	Método 4500 NH <sub>3</sub> C, APHA, AWWA, WPCF	ppm NH <sub>4</sub>	<0.02	#	#	#
D.B.O. 5	Método 8043, HACH Dilución	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.01	11,25	9,28	9,28
D.Q.O.	Método 8100, HACH Digestion de Reactor	mg/L de O <sub>2</sub>	<0.7	<0,7	2,3	2,29

**3. RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

**GRUPO COLIFORMES**

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-299	LAB18-AA-300	LAB18-AA-301
COLIFORMES TOTALES	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5	10-5	10-5
COLIFORMES TOTALES	Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubos Multiples (NMP) de CT	NMP/100ml L	NMP	#N/A	#N/A	#N/A
COLIFORMES FECALES	Método 9221-C, APHA, AWWA, WPCF Procedimiento de NMP para CF	NMP/100ml L	NMP	920,0	1600,0	390,0
E. COLI	Método 9225-B, APHA, AWWA, WPCF Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100ml L	NMP	17,0	12,0	24,0

**GRUPO ESTREPTOCOCOS**

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-299	LAB18-AA-300	LAB18-AA-301
DILUCIÓN	Número Más Probable	10 <sup>6</sup>	-	10-5	10-5	10-5
ESTREPTOCOCOS	Método 9230-B, APHA, AWWA, WPCF Técnica de Tubo Multiple	NMP/100ml L	NMP	#	#	#
ENTEROCOCOS	Método 9230-B, APHA, AWWA, WPCF Técnica de Tubo Multiple	NMP/100ml L	NMP	#	#	#

**SALMONELLA**

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-299	LAB18-AA-300	LAB18-AA-301
SALMONELLA	Método 9200-B, APHA, AWWA, WPCF Procedimientos Generales Cualitativos de Aislamiento e Identificación de Salmonella	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#	#	#

**V. CHOLERAE**

PARÁMETROS	MÉTODO	U.D.	L. D.	LAB18-AA-299	LAB18-AA-300	LAB18-AA-301
V. CHOLERAE	Método 9260-H, APHA, AWWA, WPCF Técnica de Tubo Multiple	PRESENCIA/AUSENCIA	P/A	#	#	#

L. D. = Límite mínimo de detección del método. U.D. = Unidad de Medida. # = Parámetro no solicitado. NMP = Área de Análisis Microbiológico. FO = Área de Análisis Fisicoquímico

\* OBSERVACIONES: SIN OBSERVACIONES

Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Recibi Conforme:  
 Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

Calle Higin Uco N°342-358-356 - Calle Dicomunita N°304 - Chachabayan - Amazonas - Perú  
 labirag@unm.edu.pe - labirag@telcel.com.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABIRAG

**BLGO. JESÚS RASCON BARRIOS RESPONSABLE**

*Anexo 2. Trabajos realizados en campo*



*Figura 6. Recolección del Jacinto acuático*



*Figura 7. Impermeabilización de los estanques*



*Figura 8.* Transporte del efluente de la PTAR hasta los estanques



*Figura 9.* Instalación de los estanques con Jacinto acuático



*Figura 10.* Muestreo en el efluente de la PTAR de Copallín



*Figura 11.* Muestreo en el tratamiento biológico con Jacinto acuático





*Figura 12.* Acondicionamiento de las muestras para su transporte

*Anexo 3.* Análisis de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos



*Figura 13.* Pesado de los reactivos a emplear (EC, lauril y agar EMB)



*Figura 14.* Preparación de los medios de cultivo



*Figura 15.* Esterilización de los medios de cultivo



*Figura 16. Siembra en tubos de ensayo*



*Figura 17. Siembra en placas Petri*



*Figura 18.* Incubación de los medios para lauril sulfato(presuntiva) se dio a 37°C; para EC (confirmativa) a 44°C y para EMB a 37°C



*Figura 19.* Incubación de la muestra de DBO durante 5 días a temperatura ambiente

Anexo 4. Mediciones de la biomasa

Tabla 12. *Mediciones de la biomasa al inicio y al final del tratamiento biológico*

N° Plantas	R <sub>1</sub>		R <sub>2</sub>		R <sub>3</sub>	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
1	0,095	0,19	0,085	0,17	0,09	0,18
2	0,09	0,18	0,06	0,12	0,17	0,341
3	0,065	0,13	0,025	0,05	0,065	0,13
4	0,095	0,19	0,145	0,29	0,1	0,2
5	0,12	0,24	0,035	0,07	0,085	0,17
6	0,055	0,11	0,05	0,1	0,09	0,18
7	0,125	0,25	0,05	0,11	0,085	0,17
8	0,07	0,14	0,055	0,11	0,135	0,27
9	0,05	0,1	0,125	0,25	0,03	0,062
10	0,0075	0,05	0,145	0,29	0,08	0,16