



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña para la reducción de contaminantes en aguas residuales domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Ramirez Sabogal, Anthony Renzo (orcid.org/0000-0002-1388-6387)

Silva Sanchez, Sulay Indira (orcid.org/0000-0001-7863-5506)

ASESOR:

Dr. Tullume Chavesta, Milton Cesar (orcid.org/0000-0002-0432-2459)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

MOYOBAMBA-PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedicado a la memoria de mi mamita **MARIA VICTORIA ALVAREZ LOZANO**, que me enseñó sobre la perseverancia y el trabajo para cumplir nuestras metas, del amor a la familia, al prójimo, a la vida, y desde el cielo sé que ella guía mis pasos y me protege día a día.

SULAY INDIRA SILVA SANCHEZ

Dedicado a mis padres **Jorge y Clara**, ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en las noches más difíciles durante mis horas de estudios. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgulloso de haberlos elegido como mis padres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

ANTHONY RENZO RAMIREZ SABOGAL

Agradecimiento

Este presente trabajo lo dedicamos principalmente a Dios, por bendecirnos la vida, ser el inspirador y darnos la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Gracias a nuestros padres: Ernesto y Megui; Jorge y Clara, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por su amor, trabajo, sacrificio por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Es un orgullo y privilegio de ser sus hijos (as), son los mejores padres.

A nuestra familia por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

De igual manera nuestro agradecimiento al Dr. Tullume Chavesta Milton Cesar por haber continuado con el Taller de Titulación y compartir sus conocimientos en la elaboración de nuestra Tesis, gracias por lograr que el trabajo se culmine con éxito, por su paciencia y rectitud como docente.

Y a todas las personas que nos han apoyado, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas.

Gracias a todos.

Índice de Contenidos

Carátula	i
Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y Diseño de Investigación.	15
3.2. Variables y operacionalización.	16
3.3. Población, muestra y muestreo.	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	16
3.5. Procedimiento.	19
3.6. Método de análisis de datos.	23
3.7. Aspectos éticos.	24
IV. RESULTADOS	25
4.1. Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.	25
4.2. Evaluar las características física químicas y microbiológicas post tratamiento de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.	34
4.3. Comparar la eficiencia de cada tratamiento aplicados a las aguas residuales domésticas de la quebrada Pucayacu.	52
V. DISCUSIÓN	61
VI. CONCLUSIONES	65
VII. RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67
ANEXOS.	77

Índice de Tablas

Tabla N° 1:	Taxonomía de la Eichhornia crassipes y Pistia stratiote.	13
Tabla N° 2:	Técnicas e instrumentos utilizados para recolectar datos.	17
Tabla N° 3:	Cuadro de Validadores de los instrumentos.	18
Tabla N° 4:	Criterios del coeficiente de confiabilidad para el Alfa de Cronbach.	18
Tabla N° 5:	Resultados del Coeficiente de Cronbach por Instrumento.	18
Tabla N° 6:	Eichhornia Crassipes Acuática Empleada en la Experimentación.	20
Tabla N° 7:	Pistia Stratiotes Acuática Empleada en la Experimentación.	20
Tabla N° 8:	Microorganismos de Montaña (MM) para la Experimentación.	20
Tabla N° 9:	LMP para Efluentes PTAR (D. S. N° 003-2010-MINAM).	21
Tabla N° 10:	Características Generales de las Aguas Residuales Domesticas en la Quebrada Pucayacu.	25
Tabla N° 11:	pH Inicial de las Aguas Residuales Domesticas en la Quebrada Pucayacu.	26
Tabla N° 12:	Temperatura Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	26
Tabla N° 13:	Demanda Bioquímica de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	27
Tabla N° 14:	Demanda Química de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	28
Tabla N° 15:	Aceites y Grasas Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	29
Tabla N° 16:	Turbidez Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	30
Tabla N° 17:	Solidos Suspendidos Totales, Iniciales de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	31
Tabla N° 18:	Color Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	32
Tabla N° 19:	Coliformes Termotolerantes Iniciales, de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	33
Tabla N° 20:	Resultados de pH a los 10 días de Tratamiento.	34
Tabla N° 21:	Resultados de Temperatura a los 10 días de Tratamiento.	35
Tabla N° 22:	Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.	36
Tabla N° 23:	Resultados de Demanda Química de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.	37
Tabla N° 24:	Resultados de Aceites y Grasas a los 10 días de Tratamiento.	38
Tabla N° 25:	Resultados de Turbidez a los 10 días de Tratamiento.	39
Tabla N° 26:	Resultados de Solidos Suspendidos Totales 10 días de Tratamiento.	40
Tabla N° 27:	Resultados de color 10 días de Tratamiento.	41
Tabla N° 28:	Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 10 días de Tratamiento.	42
Tabla N° 29:	Resultados de pH a los 15 días de Tratamiento.	43
Tabla N° 30:	Resultados de Temperatura a los 15 días de Tratamiento.	44
Tabla N° 31:	Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 15 días de Tratamiento.	45

Tabla N° 32: Resultados de demanda química de oxígeno a los 15 días de tratamiento.	46
Tabla N° 33: Resultados de Aceites y Grasas a los 15 días de Tratamiento.	47
Tabla N° 34: Resultados de Turbidez a los 15 días de Tratamiento.	48
Tabla N° 35: Resultados de Solidos Suspendidos Totales días de Tratamiento.	49
Tabla N° 36: Resultados de color 15 días de Tratamiento.	50
Tabla N° 37: Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 15 días de Tratamiento.	51
Tabla N° 38: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en pH	52
Tabla N° 39: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda bioquímica de oxígeno.	53
Tabla N° 40: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda química de oxígeno.	54
Tabla N° 41: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en aceites y grasas.	55
Tabla N° 42: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en turbidez.	56
Tabla N° 43: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en solidos totales en suspensión.	57
Tabla N° 44: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en color.	58
Tabla N° 45: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en coliformes fecales (termotolerantes).	59

Índice de Figuras

Figura N° 1:	Estanques de vidrio de 20 L de capacidad.	22
Figura N° 2:	Plantado de las macrófitas en los estanques.	23
Figura N° 3:	pH Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	26
Figura N° 4:	Temperatura Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	27
Figura N° 5:	Demanda Bioquímica de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	28
Figura N° 6:	Demanda Química de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	29
Figura N° 7:	Aceites y Grasas Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	30
Figura N° 8:	Turbidez Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	31
Figura N° 9:	Sólidos Suspendedos Totales Iniciales de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	32
Figura N° 10:	Color Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.	33
Figura N° 11:	Resultados de pH a los 10 días de Tratamiento.	34
Figura N° 12:	Resultados de Temperatura a los 10 días de Tratamiento.	35
Figura N° 13:	Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.	36
Figura N° 14:	Resultados de Demanda Química de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.	37
Figura N° 15:	Resultados de Aceites y Grasas a los 10 días de Tratamiento.	38
Figura N° 16:	Resultados de Turbidez a los 10 días de Tratamiento.	39
Figura N° 17:	Resultados de Sólidos Suspendedos Totales 10 días de Tratamiento.	40
Figura N° 18:	Resultados de color 10 días de Tratamiento.	41
Figura N° 19:	Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 10 días de Tratamiento.	42
Figura N° 20:	Resultados de pH a los 15 días de Tratamiento.	43
Figura N° 21:	Resultados de Temperatura a los 15 días de Tratamiento.	44
Figura N° 22:	Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 15 días de Tratamiento.	45
Figura N° 23:	Resultados de Demanda Química de Oxígeno a los 15 días de Tratamiento.	46
Figura N° 24:	Resultados de Aceites y Grasas a los 15 días de Tratamiento.	47
Figura N° 25:	Resultados de Turbidez a los 15 días de Tratamiento.	48
Figura N° 26:	Resultados de Sólidos Suspendedos Totales 15 días de Tratamiento.	49
Figura N° 27:	Resultados de color 15 días de Tratamiento.	50
Figura N° 28:	Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 15 días de Tratamiento.	51
Figura N° 29:	Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en pH.	52
Figura N° 30:	Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda bioquímica de oxígeno.	53

Figura N° 31: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda química de oxígeno.	54
Figura N° 32: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en aceites y grasas.	55
Figura N° 33: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda química de oxígeno.	56
Figura N° 34: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en solidos suspendidos totales.	57
Figura N° 35: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en solidos suspendidos totales.	58
Figura N° 36: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en coliformes fecales (termotolerantes).	59

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad de fitorremediación de las macrófitas (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) y microorganismos de montaña en aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu, se presenta el tipo de investigación es aplicada, debido a que con el estudio se busca mejorar las condiciones ambientales y la calidad de las aguas residuales que se disponen en el cuerpo receptor de la quebrada Pucayacu, el estudio se realizó en dos periodos de 10 y 15 días, con una muestra de 125 litros (0.125 m³) de aguas residuales domésticas dispuestas en la quebrada Pucayacu, los cuales fueron distribuidos en 6 estanques de vidrio con capacidad de 20 litros, donde se analizaron Aceites y grasas, DBO, DQO, STS, pH, Temperatura, Turbidez, color y coliformes termotolerantes; los resultados más eficientes se mostraron en los 15 días en DBO5 con 39.1 mg/L, DQO con 94.9 mg/L, aceites y grasas 0.1 mg/L, turbidez con 104.1 NTU, SST con 15.6 ml/L, color con 15 UC y coliformes fecales con 189 NMP/100MI. Concluyendo que el tratamiento más eficiente es el T5 con *Eichhornia crassipes* a los 15 días.

Palabras Clave: Fitorremediación, macrofitas, aguas residuales, tratamiento, contaminación.

ABSTRACT

The present investigation aims to evaluate the phytoremediation capacity of macrophytes (*Eichhornia Crassipes* and *Pistia Stratiotes*) and mountain microorganisms in domestic wastewater in the Pucayacu stream, the type of research is applied, since the study seeks to improve the environmental conditions and the quality of the wastewater that is disposed in the receiving body of the Pucayacu creek, the study was carried out in two periods of 10 and 15 days, with a sample of 125 liters (0.125 m³) of domestic wastewater disposed in the Pucayacu creek, which were distributed in 6 glass tanks with a capacity of 20 liters, where Oils and fats, BOD, COD, STS, pH, Temperature, Turbidity, color and thermotolerant coliforms were analyzed; the most efficient results were shown in the 15 days in BOD₅ with 39.1 mg/L, COD with 94.9 mg/L, oils and fats 0.1 mg/L, turbidity with 104.1 NTU, TSS with 15.6 mg/L, color with 15 UC and fecal coliforms with 189 NMP/100MI. Concluding that the most efficient treatment is T5 with *Eichhornia Crassipes* at 15 days.

Keywords: Phytoremediation, macrophytes, wastewater, treatment, contamination.

I. INTRODUCCIÓN.

Para (WWAP, 2017), en el planeta se vierten al ambiente más del 80% de Aguas Residuales sin previo tratamiento, y en Píses desarrollados alrededor del 70% de Aguas Residuales Domesticas e Industriales son tratados, por ello, (Mohamed, 2018), muestra a nivel internacional como realidad problemática, donde el alto proceso de crecimiento a lo largo del cinturón costero de la región del delta del Nilo es común a nivel global.

Para (Abd Ellah, 2021), en Egipto el problema de las actividades antropogénicas trae consigo el deterioro ambiental y una enorme presión que cambia las características de los cuerpos de agua, donde se concentran el 19% de la flora total egipcia, por lo son considerados importantes puntos críticos para la flora, por ello (Shaltout, et al., 2017), se refiere a los cuerpos de agua como ecosistemas de vital importancia para los humanos y la biodiversidad, (Mohamed, 2022), muestra diferentes especies de plantas acuáticas, como: *Potamogeton pectinatus*, *Eichhornia crassipes*, *Pistas stratiotes*; *Phragmites australis*. *Thypha domingensis* y *Echinochloa stagnina*. En China los altos niveles de contaminación especialmente con cadmio en los ríos o cuerpos receptores, son frutos de diferentes actividades antrópicas, como la metalurgia, minería, fundición y desechos residuales municipales (Strady et al., 2017), también en la India, principalmente en Bengala Oriental, el problema de la presencia de contaminantes como el arsénico en recurso hídrico y suelo tiene un impacto negativo en el ecosistema y la salud de las personas. (Singh et al. 2022).

En Ecuador, en los últimos tiempos debido a la contaminación de las fuentes de agua por las actividades del hombre, se desarrollan nuevos procedimientos para tratar el agua de forma sencilla y ambientalmente saludable (Carreño, et al., 2020). En Colombia la afectación ambiental sobre la propiedad del recurso hídrico, están atribuidas principalmente a las descargas de Aguas Residuales Domésticas e Industriales, donde las industriales representan un 22% de DBO, 10% de SST y el 1% de nutrientes (IDEAM., 2018), en Bogotá uno de los vitales problemas que favorece a la contaminación de los cuerpos receptores y la red de saneamiento son los negocios de autolavados, que consumen agua en promedio mensual 100 m³ del recurso, considerando que 92 negocios solicitaron

permiso de vertimientos ante la autoridad competente (El Tiempo, 2019), también en Venezuela las descargas de aguas residuales domésticas es un problema debido al alto contenido de turbiedad, SST, nitrógeno total, fósforo total, DQO, DBO5, los que causan deterioro en los ecosistemas acuáticos y terrestres (Solís, et al., 2016), la contaminación de los cuerpos receptores se debe primordialmente a las descargas de Aguas Residuales Domésticas e Industriales, este problema se ha agravado debido al desarrollo poblacional, aumentando la demanda del agua y por consiguiente la generación de aguas residuales (Jiménez, 2001).

De la misma manera, a nivel nacional, el desarrollo urbano e industrial descontrolado y desordenado bien causando el impactos negativos sobre los ecosistemas y en casos más críticos la pérdida total de estos (Simpalo, et al., 2020), la localidad de Nuevo Chimbote, Ancash no es ajena a esta problemática, ya que por estas condiciones la flora y fauna diversa van desapareciendo por el desarrollo industrial de la zona y el crecimiento urbano y por la falta de cumplimiento de las políticas ambientales (Simpalo, et al., 2020), los cuerpos de agua tienen un agregado ambiental, ya que albergan diferentes especies de aves, flora, biotipos que hacen de ellos ecosistemas de importancia (Flores, 2015). El crecimiento urbano descontrolado aumenta la demanda de consumo del recurso hídrico, de $78 \pm 3\%$ de fuentes superficiales, por lo que es de importancia para el futuro de la economía global (Robert, et al., 2014). Del mismo modo, las aguas residuales de la bahía de Puno presentan valores de 2.21 mg/l de nitrógeno total y fósforo total con 1.39 mg/l, lo que representa un problema porque sobre pasan lo establecido en los LMP, por tal motivo las aguas de la bahía se encuentran en proceso de eutrofización (Jiménez, et al., 2016)

En Maynas, región Loreto, el problema de la contaminación del agua se origina principalmente por el rebose de las Aguas Residuales Domésticas, basura, productos químicos, etc., por ello las condiciones normales del ciclo del agua ya no tienen la capacidad suficiente para depurarlo, por ello la búsqueda de alternativas de tratamiento para desinfectarlo (Panduro y Rojas, 2021). En el distrito de Eten, Chiclayo, el problema en muchas zonas por falta de abastecimiento de agua, como consecuencia ocasionan focos infecciosos que provocan enfermedades estomacales en las personas (Torres, 2021), por lo que

es necesario proveer de un plan o alternativa de proceso de Aguas Residuales Domesticas e Industriales, los que resultan las diferentes actividades antropogénicas, como las industriales, domésticas y agrícolas (Larios, 2015).

A nivel local, en Tarapoto, específicamente en la urbanización Santa Lucia – Morales, el problema final de las Aguas Residuales Domesticas, generadas por actividades humanas distintas, como la industrial y doméstica representan problemas grandes para el ambiente, ya que se vierten directamente en canales de regadíos sin tratamiento previo contaminando los cuerpos receptores (Jaramillo y Paredes, 2019), el recurso hídrico para uso poblacional en Tarapoto es captado de aguas superficiales ubicados en el área de conservación Cerro Escalera, las que son conducidas directamente a las (PTAP) Plantas de Tratamiento de Agua Potable (SUNASS, 2021). A nivel de San Martin, otro problema latente es la falta de cobertura por parte de las empresas prestadoras de servicios, donde 9 registran niveles de cobertura de alcantarillado por arriba del 90%, 18 entre el 80% y 90%, mientras que las restantes 23 registran coberturas bajo el 80% (SUNASS, 2020).

En el Distrito de la Banda de Shilcayo, San Martin, la problemática del aumento poblacional incontrolado y desordenado de las ocho asociaciones de vivienda, trae como consecuencia la instalación de familias en zonas consideradas de preservación de fuentes hídricas y aguajales, puquios ojos de agua, la que contribuye a la contaminación directa del agua por infiltración y escorrentía (Díaz y Collantes, 2019).

El caserío de la Unión, en San Martin no es ajena a esta problemática, a lo largo de la quebrada Pucayacu, en zonas de faja marginal se encuentran acentuadas familias y fundos ganaderos y agrícolas, vertiendo de forma directa aguas servidas mediante tuberías o directamente al cuerpo receptor, lo que degradada de manera gradual y continua la propiedad del agua superficial y convirtiéndolo en un foco infectado que utilizan este recurso para las diferentes acciones de riego, aseo personal y otros, creando una serie de enfermedades gastrointestinales, contaminación ambiental y emanación de olores nada agradable.

Por todo ello, la investigación plantea como problema general de investigación ¿Cuál es la capacidad de Fitorremediación de las Macrófitas y Microbio de Montaña en Aguas Residuales Doméstica en la Quebrada Pucayacu, San Martin - 2022?, el cual presenta los siguientes problemas específicos.

PE1: ¿Cuáles son las Características Fisicoquímicas y Microbiológicas Iniciales de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, 2022?

PE2: ¿Cuáles son las Características Fisicoquímicas y Microbiológicas Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, 2022?

PE3: ¿Cuál de los Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas Utilizando Macrófitas y Microorganismos de la Quebrada Pucayacu, 2022, presenta mayor eficiencia?

La presente investigación plantea como justificación práctica, ayudar a desarrollar la problemática ambiental ocasionada por la mala disposición y falta de tratamiento a los vertimientos de Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, la cual pone en riesgo la salud de los pobladores del caserío la Unión y manifiesta el deterioro ambiental de la calidad del agua, la flora y fauna presente en ella. Para (Hernández, et al., 2014), la investigación puede crear o generar aportes prácticos directos o indirectos, concernientes a la problemática real investigada. Al mismo tiempo, la justificación social, porque la población de la localidad de la Unión será beneficiada con el sistema de los vertimientos de Aguas Residuales Domésticas, cuya disposición final al cuerpo receptor Pucayacu será ambientalmente más saludable, la que permitirá mejor las condiciones ambientales del lugar y renovar las situaciones de vida de las personas, por ello, (Fernández, 2020), se refiere a la justificación social como trascendental para la sociedad y así llegar al logro de la proyección social.

Del mismo modo, la justificación metodológica de la investigación proyecta la necesidad de identificar, muestrear y analizar concentraciones de contaminantes de los vertimientos que van directamente al cuerpo receptor Pucayacu y aplicar un método de tratamiento utilizando plantas macrófitas y microorganismos de montaña para disminuir la carga contaminante, renovar las condiciones ambientales del recurso hídrico y mejorar la calidad de vida de las

personas acentuadas en la parte baja de la localidad de la Unión. Ante ello, (Ñaupas, et al., 2014), plantean esta justificación cuando se tiene que producir un nuevo instrumento para recolectar, recoger o analizar la data, también, (Hernández, et al., 2014), se refieren al tipo de justificación cuando se establece una nueva herramienta para analizar o reunir información, o se propone un método nuevo que incluya nuevas formas de experimentación en las variables.

La justificación ambiental se presenta por que los vertimientos de aguas residuales en los cuerpos receptores sin ningún tipo de procedimiento afectan de forma continua a la calidad ambiental del agua, este muchas veces es usado de manera directa por la población en las diferentes necesidades que se presentan en las familias, poniendo en riesgo la salud y la vida de las personas y, por consiguiente deteriorando el ambiental y la biodiversidad de la zona, por tal razón (Garrido, 2015), se refiere al uso de los recursos naturales como fundamental para satisfacer las necesidades de subsistencia de la humanidad, como la alimentación, vestidos y refugio para su seguridad y protección, los que no causaban ningún tipo de impacto ambiental.

El objetivo general, fue evaluar la capacidad de fitorremediación de las macrófitas y microbio de montaña en aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu, y los objetivos específicos enfocados son:

OE1: Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu,

OE2: Evaluar las características física químicas y microbiológicas post tratamiento de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.

OE3: Comparar la eficiencia de cada tratamiento aplicados a las aguas residuales domésticas de la quebrada Pucayacu.

II. MARCO TEÓRICO

Como referencias a nivel internacional presentamos en Marruecos a Ennabili and Radoux (2021), la realidad problemática se centra en la falta de tratamiento de aguas residuales y aguas contaminadas constituye un inseguro e incierto problema en algunas zonas rurales de Marruecos, mostraron a través de la metodología de investigación experimental y aplicada, las que consisten en pre sistemas artificiales de 2.2 m³ de volumen, el objetivo fue comparar el rendimiento del tratamiento de dos mesocosmos utilizando *Phragmites australis*, la muestra estaba conformada por un humedal artificial con flujo horizontal (FS) y otro con flujo horizontal subsuperficial (SSF) en mismas condiciones de clima y alimentación, presentan resultados mostraron concentraciones considerables de mineral en los efluentes de humedales de SSF, determinando la mejor eficiencia del FS respecto a los sólidos totales suspendidos, demanda química de oxígeno, nitrógeno total, amonio, y fósforo total. Concluyeron que el rendimiento de SSF superó al del FS en reducción de contaminantes primarios y secundarios.

En Italia, Pellizaro et al., (2021), la realidad problemática se centra en la ciudad de Verona, Vicenza y Padua en el noroeste de Italia, donde las concentraciones de contaminantes bioacumulables aumentaron de >10 a >5000 ng L⁻¹ en aguas superficiales y subterráneas, la metodología empleada fue experimental aplicada, el objetivo fue evaluar el potencial de tres plantas macrófitas acuáticas para eliminar los contaminantes en aguas superficiales utilizando sistemas de humedales, la muestra estaba conformado por el total de las tres macrófitas (*Iris pseudacorus L*, *Typha latifolia* y *Phragmites australis*) las que fueron cultivadas en 36 tanques plásticos de 0.56 x 0.35 x 0.31 m, presentaron resultados de macrófitas como la *Phragmites* que eliminan considerablemente la contaminación de las aguas residuales de 36% a 80% promedio. Conclusión, se encontraron algunas limitaciones de crecimiento, especialmente para *Thypha* e *Iris* durante la exposición a las elevadas concentraciones de sal en las aguas residuales.

En la India, Zahoor, et al (2021), la realidad problemática está atribuida a la falta de investigación, conocimiento, conciencia y monopolio de métodos de

tratamientos para aguas residuales urbanas ya que los sistemas de humedales aún no están establecidos, la metodología de investigación que desarrollaron fue experimental aplicada, presenta como objetivo comparar tres plantas macrófitas *Phragmites karka*, *Iris kashmiriana* y *Sagittaria latifolia* en la expulsión de contaminantes en aguas residuales combinadas, la muestra estuvo conformada por tres microcosmos de plantas macrófitas. Los resultados encontrados muestran al *Phragmites karka* como el más eficiente que las otras dos para eliminar carga orgánica de $10 \pm 1,3 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$, tasas de eliminación de fósforo de $1,3 \pm 0,2 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$, nitrógeno de $2,6 \pm 0,4 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ y tasa de eliminación de sólidos de $3,6 \pm 1,2 \text{ gm}^{-2}\text{d}^{-1}$, concluyeron que los humedales construidos y plantados con macrófitas *Phragmites karka* son más eficientes en la eliminación de carga orgánica, fósforo, nitrógeno y sólidos que *Iris kashmiriana* y *Sagittaria latifolia*.

En Grecia, Kotoula, et al., (2020), la situación problemática se presenta en el tratamiento convencional de aguas residuales municipales, las que necesitan aportes grandes de energía, operación costos de mantenimiento muy alto, por ello, el objetivo fue investigar el uso combinado de la microalga *Chlorella sorokiniana* y la macrófita *Lemna minor* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, la muestra estaba conformada por tres lotes experimentales con *Chlorella sorokiniana* y con adición de amonio para el crecimiento de las microalgas. Los resultados muestran remociones promedio de demanda química de oxígeno en 99%, nitrógeno total con 88%, amonio con 90% y fósforo total con 91%, las microalgas eliminaron completamente la demanda química de oxígeno, pero parcialmente nitrógeno y fósforo, pero las macrófitas sumó a la eliminación de nitrógeno, concluyeron que hubo un aumento considerable de microalgas y biomasa de macrófitas, en las distintas formas de aguas residuales investigadas, el mayor crecimiento de *Chlorella* se dio en aguas residuales municipales crudas.

En Argentina, Nocetti et al., (2020), teniendo como realidad problemática en la ciudad de Santa Fe están ubicadas un gran número de industrias lácteas, los que debido al proceso que ellos realizan generan vertimientos con altos niveles de nutrientes y materia orgánica que deben ser tratados de manera eficiente, la metodología empleada es la experimental nivel descriptivo, el objetivo fue

seleccionar las especies macrófitas y sustrato adecuado para ser empleados en cultivos de humedales de flujo subsuperficial (HSSF) para tratamiento de aguas residuales, la muestra estaba conformada por 6 HSSF de plásticos con capacidad de 20 litros cada uno, los resultados encontrados fue la alta tolerancia de los macrófitos a las aguas residuales, los HSSF fueron eficientes para tratar aguas residuales, mostrando elevada eficacia de remoción de nitratos, fósforo total, demanda química de oxígeno y nitrógeno total, la mayor eficiencia alcanzada fue con la *Canna glauca*. Conclusión, la *Typha domingensis* y *Canna glauca* mostraron tolerancia elevada a los compuestos analizados, lo que permitió entender y demostrar el efecto de las macrófitas en el tratamiento de los vertimientos.

A nivel nacional, específicamente en Pucallpa, Quispe et al., (2021), centró su realidad problemática en los efluentes domésticos como necesidad social para la protección del ambiente que garantice el desarrollo humano, porque estas son de peligro potencial en la salud pública, la metodología de investigación fue experimental aplicada, enmarcaron su objetivo en establecer la capacidad de remoción de nitrógeno y fósforo en aguas residuales municipales por plantas acuáticas emergentes, siendo la muestra los efluentes monitoreados en las salidas de la laguna 1 y 2. Presentan resultados de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* con valores elevados de remoción entre 70% y 80% y 55% a 60% respectivamente, donde el número adecuado de macrófitas para tratar aguas residuales y minimizar la abundancia de nutrientes causantes de eutrofización fue de 60 muestras para tratar 80 litros de vertimiento, disminuye de 0,35 mg/l hasta 0,09 mg/l de nitrógeno y de 5 mg/l hasta 0,53 mg/l de fósforo. Conclusión, el tempo de crecimiento de las macrófitas en situaciones controladas fue 4 meses, *L. minor* creció 2,55 cm y *E. crassipes* 13 cm en un periodo de aclimatación de 5 días.

En Chachapoyas, Morales et al. (2019), la realidad problemática se centra en la escasez del recurso hídrico ocasionado por el aumento poblacional, el incremento demográfico, urbanismo y el creciente desarrollo industrial, la metodología de investigación aplicada fue la experimental aplicada, su objetivo se centra en establecer el efecto de la *Eichhornia crassipes* en la depuración de aguas residuales, teniendo como muestra 198 plantas macrófitas divididas en

tres tratamientos, obtuvieron resultados en el procedimiento MA-I: DQO en 59,58% y DBO 63,18%, para MB-2: DQO en 39,51% y DBO en 46,05% y en MC-3: la DQO 40,70% y DBO 49,47%. Conclusión, las diferentes similitudes entre los parámetros fisicoquímicos, tamaño y altura de las macrófitas son negativas pero significantes, por lo que la absorción de la materia orgánica depende del diámetro de hojas, más no del tamaño de la planta, por ello la *E. crassipes* es eficiente para tratar las aguas residuales municipales.

Así mismo en Trujillo, Centeno et al. (2019), centró su realidad problemática en los cuerpos receptores y corrientes subterráneas en zonas densamente pobladas y económicamente desarrolladas, las que hoy en día son incapaces de poder tratar y neutralizar la carga contaminante, la metodología de investigación fue experimental aplicada, tuvieron como objetivo estimar el mejor tratamiento de un consorcio de microorganismos compuesto por *Lactobacillus sp*, *Schizosaccharomyces pombe* y bacterias rojas no sulfurosas en el tratamiento de aguas residuales, siendo su muestra tres tratamientos (3×10^8 , 9×10^8 y 1.8×10^9 UFC/ml) y un control sin consorcio, inóculo preparado con 5% del consorcio de MO, 5% melaza y 90% de agua destilada estéril. Los resultados encontrados muestran diferencia significativa entre sí, con valor de $p < 0.05$, donde el tratamiento de 3×10^8 UFC/ml disminuyó 199.1 mgO₂/L, el segundo tratamiento con 9×10^8 UFC/ml disminuyendo 142.9 mgO₂/L y con la concentración de 1.8×10^9 UFC/ml, siendo el más eficiente al disminuir a 132.1 mgO₂/L en relación al control que fue de 247.2 mgO₂/L). Conclusión, el rendimiento adecuado y mejor tratamiento para reducir la demanda bioquímica de oxígeno en aguas residuales corresponde al tratamiento tres, de 1.8×10^9 UFC/ml del consorcio activado.

De la misma manera, en Moquegua Coayla et al. (2018), cuya realidad problemática se enfoca en el rápido crecimiento de la población y la urbanización de la región, las que la producción de aguas residuales vaya en aumento, sumado a esto las deficiencias en los procesos de tratamiento, ya que solo el 14% de PTAR cumplen la normativa, la metodología de investigación empleada fue la experimental, cuyo objetivo fue demostrar un tratamiento eficiente de las aguas residuales mediante la utilización del sistema de filtros de macrófitas flotantes, la muestra estaba conformada por 496 litros de aguas residuales

obtenidas y homogenizadas del efluente de la PTAR Omo, muestran resultados de mejor eficiencia a los 9 días de retención para los sólidos totales suspendidos, con valores de 51 mg/l y demanda bioquímica de oxígeno con 52 mg/l y para el potencial de hidrógeno los valores eran muy homogéneos. Conclusión, la mayor capacidad de fitorremediación se logró al noveno día con valores anteriormente mencionados y con un potencial de hidrógeno de 7,5 unidades de pH.

En Chosica – Lima, Castro et al. (2017), su realidad problemática se enfoca en la producción de aguas servidas que resultan del crecimiento poblacional y el desarrollo industrial de esta parte del país, las que después de ser utilizadas constituyen un residuo que pone en peligro la salud de las personas y el deterioro ambiental, la metodología de investigación empleada fue experimental y aplicada, el objetivo fue evaluar la eficiencia de la macrófitas *Alocasia macrorrhizos* en un humedal subsuperficial horizontal para remover parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la muestra estaba conformada por un humedal piloto de material de vidrio de 50 cm de largo, 25 cm de ancho y 30 cm de alto, de 16 litros y capacidad para 8 macrófitas, los resultados encontrados fueron del 60,72% de eficiencia del uso del humedal empleando macrófitas para la remoción de medidas fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos, por lo que se considera que el uso de estas plantas es viable a nivel ambiental. Conclusión la eficacia de remoción fue del 54,4% en los parámetros fisicoquímicos y el 100% en los parámetros microbiológicos

A nivel local en Tarapoto – San Martín, Díaz y Collantes (2019), su realidad problemática se enfocó en la contaminación de las fuentes hídricas debido al crecimiento poblacional del sector Chontamuyo, lo que contribuye a la contaminación directa del recurso por acción de las escorrentías y las infiltraciones, la metodología de investigación se enfoca en un estudio experimental aplicada, plantearon el objetivo en establecer la efectividad de los microorganismos de montaña en el tratamiento de aguas residuales domésticas In vitro en el sector Chontamuyo, siendo la muestra de estudio el agua residual doméstica que tiene como cuerpo receptor el río Shilcayo, los resultados encontrados son para el microorganismos eficientes su efectividad de remoción fue para SS de 39% y para los microorganismos de montaña 33%, por otro lado ambos microorganismos obtuvieron una eficiencia de remoción mayor al 65%

en aceites y grasas, para DQO los microorganismos eficientes removieron un 87% y los microorganismos de montaña con 91.6% de eficiencia. Conclusión, ambos tratamientos EM y MM redujeron el pH cumpliendo lo establecido en el D. S. N° 003-2010-MINAM, en ambos tratamientos se lograron eficiencias mayores al 65%.

En Moyobamba Perales (2018), cuya realidad problemática se enfoca en la falta de sistemas de desagüe del caserío Santa Catalina por lo que las aguas residuales se infiltran al sub suelo contaminando las aguas superficiales y subterráneas, la metodología aplicada fue la experimental y aplicada, donde el propósito fue determinar la aportación de la fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en el procedimiento de las aguas residuales domésticas en la zona rural de Santa Catalina. Constituyendo su muestra 3 pozos artificiales con 1 m de ancho x 1 m largo x 0.5 m profundidad como dimensiones, con capacidad de 1 500 litros de ARD en total. Resultados la remoción de DBO en el pozo 1 fue de 95.24%, pozo 2 de 94.96% y pozo 3 con 94.44%, para DQO pozo 1 con 93.03%, pozo 2 con 92.76% y pozo 3 con 92.69%, para aceites y grasas pozo 1 con 94.41%, pozo 2 con 94.82% y pozo 3 con 94.91%. Conclusión, la *Eichhornia crassipes* es una alternativa ideal, se ve la necesidad de aumentar la evaluación del desempeño de diferentes especies nativas amazónicas y ver su tolerancia en el manejo de aguas.

La investigación se enfocó en teorías de estudio a través de libros y artículos nacionales e internacionales debidamente aprobados por la comunidad científica ambiental, donde se entiende por fitorremediación a la práctica de limpieza pasiva y agradable en el aspecto estético, donde se aprovecha el volumen de las plantas y la energía del sol para el tratamiento de diferentes contaminantes en el medio ambiente (EPA, 2001), en este procedimiento las plantas cumplen la función de filtros biológicos que descomponen los contaminantes y estabilizan los metales en el agua o el suelo al fijarlos en sus raíces y tallos o metabolizándolos (Arias et al. 2010), estos se convierten en elementos más estables y menos riesgosos, como el dióxido de carbono, sales minerales y agua (Peña, 2001). La fitorremediación está definida como el proceso mediante el cual los microorganismos presentes en un lugar generan la depuración de un contaminante (Rivera et al. 2018).

Se percibe por contaminación a la presencia en el suelo, agua y aire de sustancias o formas de energía no deseables, en agrupaciones tales que puedan afectar el confort, salud y bienestar de los humanos (Encinas, 2011), el deterioro de esta calidad ambiental viene a ser la variación de propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, suelo y aire, que genera un perjuicio para el desarrollo de los ecosistemas que proveen de bienes y servicios, impactando de manera directa en la salud de los humanos (MINAM, 2021).

La contaminación del agua viene a ser la presencia de elementos químicos o de otra naturaleza en densidades mayores a la condición natural, de manera que no cumpla las condiciones para el uso que se lo hubiera destinado en su condición natural (Zarza, 2022), también la contaminación del agua es cuando sufre cambios en su composición hasta quedar inservible (WHO, 2022), por otro lado, el cambio climático va a intervenir en la cantidad y calidad del agua disponible a nivel global para satisfacer las múltiples demandas de las necesidades básicas de las personas, lo cual va en menoscabo de la del derecho primordial de millones de personas es tener acceso al agua potable y saneamiento (UNESCO, 2020). Se definen como aguas residuales, ya que en su contextura estas aguas contienen una parte pequeña de sólidos suspendidos disueltos y coloidales (UNESCO, 2017), también aquellas características fisicoquímicas iniciales que son alteradas por actividades del hombre y requieren previo tratamiento antes de ser vertidas al cuerpo receptor (OEFA, 2014), las aguas residuales domésticas son productos del uso de esta en las diferentes labores del hogar, las que originan un nivel de contaminación al cuerpo receptor que manifiesta con la aparición de sólidos, desechos orgánicos, jabones, detergentes, aceites, etc. (Perales, 2018), por lo habitual estas aguas no tienen elementos peligrosos como metales pesados, agentes tóxicos, etc., pero contienen una densidad alta de nitrógeno y amonio, debido al contenido de excretas y altas cantidades de agentes infecciosos y patógenos (Arocutipa, 2013).

Las macrófitas son plantas acuáticas que tienen como funcionalidad la absorción de nutrientes y eliminación de contaminantes, producción de oxígeno, aumento de porosidad del sustrato y ayuda a generar un ambiente saludable para el desarrollo de microorganismos (Kochi, et al. 2020), estos sistemas de

macrófitos flotantes que circulan libremente por lagunas con bajos niveles de agua, las raíces sumergidas tienen gran desarrollo (Arias, et al. 2010), la elección de las macrófitas debe ser clave, ya que estas deben adaptarse a situaciones climáticas adversas, (Rahman, et al. 2020).

La macrófita *Pistia stratiotes* (Lechuga de agua) tiene una capacidad de fitorremediación, se emplean para eliminar o minimizar contaminantes del ambiente y disminuir su índice de peligrosidad en el agua, aire o suelo, hojas verdes con tejido esponjoso, alcanza 15 cm de longitud por 6 cm de ancho (Díaz, 2015). La macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), es una planta libre flotante, raíz fibrosa, de tres metros aproximadamente, frutos pequeños con 450 semillas aproximadamente, formado por pequeños filamentos que funcionan como red para atrapar los nutrientes y sólidos suspendidos (Juárez, 2011).

Tabla N° 1: Taxonomía de la *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiote*.

Nombre	<i>Eichhornia Crassipes</i>	Nombre	<i>Pistia Stratiotes</i>
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida	Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales	Orden	Alismatales
Familia	Pontederiaceae	Familia	Araceae
Género	Eichhornia	Género	Pistia
Especie	<i>Eichhornia crassipes</i>	Especie	<i>Pistia stratiotes</i>

Fuente: Juárez, 2011.

Los microorganismos son de importancia, ya que llevan a cabo métodos biológicos como degradar la materia orgánica, minimización de nutrientes y desinfección (Rojas, 2018), pero existen zonas en las cuales el oxígeno es bajo, y se podrían encontrar microorganismos anaerobios los cuales también llevan a cabo la degradación de la materia (De la Mora, 2015), crecen en determinados sistemas de expulsión de residuos industriales contribuyen a sus características generales, ya sean positivas o negativas, es de importancia resaltar las aportaciones realizadas por cada tipo de organismos a la estabilización general de los desechos orgánicos (Davies, 2005). Los microorganismos de montaña

(MM) se emplean para la producción de biofertilizantes con el objetivo de agilizar el desarrollo del metabolismo en la materia orgánica, aumentando la productividad de los cultivos y calidad de la producción (Umaña, 2017), Los MM además, incrementan el grado de protección natural de los cultivos hacia organismos causantes de enfermedades. Se utilizan en la preparación de Bokashi, Biofermentos y repelentes Bio-cultivo (Kalema and Chacón, 2010).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación.

Por el tipo de investigación del estudio, se busca mejorar las condiciones ambientales y la calidad de las aguas residuales que se disponen en el cuerpo receptor de la quebrada Pucayacu, de la localidad de la Unión en la ciudad de Tarapoto, este tipo de investigación está encaminada al mejoramiento de las normas, procedimientos y sistemas actuales con las que se cuenta. Por ello Ñaupas, et al., (2014), se refiere a que es aplicada porque ensaya o intenta ser recomendable por intermedio del enfoque científico, dentro de estos se encuentra la metodología, tecnología y los reglamentos que nos ayuden a lograr la eficiencia o ineficiencia en las investigaciones.

La investigación plantea un diseño experimental descriptivo, para Díaz, et al. (2018) es experimental, porque el investigador manipula las variables, lo que permitirá evaluar las causas de la variable independiente y de la misma forma permitirá examinar los efectos de la variable dependiente, del mismo modo, Fidas Arias (2012), se refiere a que la investigación es descriptiva porque radica en caracterizar los fenómenos, hechos, individuos o grupos con el objetivo de establecer su estructura o comportamiento.

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, por lo que Hernández, et al (2014), se refiere a este enfoque el uso de información y análisis de datos para dar respuesta a interrogantes de una investigación, con el propósito de probar la hipótesis que se ha planteado, confía en el cálculo numérico, el conteo y la estadística para constituir exactamente pautas de comportamiento en una población, por su parte Ñaupas, et al. (2014), comenta que se caracteriza por emplear técnicas y patrones cuantitativos que tienen que ver con la medición de unidades de análisis y el uso de magnitudes.

3.2. Variables y operacionalización.

VARIABLE INDEPENDIENTE: Capacidad de fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña.

VARIABLE DEPENDIENTE: Contaminantes en aguas residuales domésticas.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Para la investigación la población estaba conformada por las aguas residuales domésticas del caserío La Unión que son dispuestas en la quebrada Pucayacu. Por ello, Fidias Arias, (2012), se refiere al conjunto numeroso de elementos con diferentes características y objetos de investigación, por lo que los análisis son extensos, siendo la muestra para este estudio 125 litros (0.125 m³) de aguas residuales domésticas dispuestas en la quebrada Pucayacu, los cuales fueron distribuidos en 6 estanques de vidrio con capacidad de 20 litros de ARD, con 5 litros adicionales empleados para el análisis del testigo lo que nos permitirá conocer las condiciones iniciales del vertimiento, según Hernández y Carpio, (2019), la muestra es un instrumento de investigación científica que tiene como propósito estudiar los mecanismos de la población.

Por esta consideración, la investigación presenta un muestreo no probabilístico intencional, ya que no se utilizan métodos estadísticos y la muestra no fue elegida al azar, Hernández y Carpio (2019) se refieren a esta herramienta de investigación científica que tiene como objetivo fundamental determinar parte de la población que se va a investigar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En esta investigación la técnica utilizada fue la observación directa y la observación experimental. La técnica de observación directa se da porque se recolecta información en el lugar de estudio, analizando los resultados y parámetros de campo con pH y temperatura evaluados In Situ, por lo que Alan y Cortez (2018), se refieren a esta técnica como el fenómeno de contacto directo que tiene el investigador, lo que muestra de forma directa el comportamiento del objeto. También se hace uso de la observación

experimental, ya que se elaboran datos en situaciones relativamente controladas por el investigador, ya que este puede manipular las variables de estudio (Tamayo y Silva, 2018).

Los instrumentos empleados en la investigación son las hojas y fichas de registro de campo, esto desde la observación In Situ, se recolectará información verídica que ayudará a conocer las características propias del objeto de estudio, el enlace de custodia de las muestras de agua con la que se reportará al laboratorio, acá se especificaran los parámetros de agua residual muestreado, hora fecha, coordenadas, etc. Ante esto Ñaupas, et al. (2018), muestra los materiales de recolección de datos como aquella que posee una secuencia sistémica y ordenada respecto con las variables y los indicadores de la hipótesis.

Tabla N° 2: *Técnicas e instrumentos utilizados para recolectar datos.*

Técnicas	Instrumentos	Sustento de Aplicación
Observación directa	Fichas de registro	A partir de la observación <i>in situ</i> se recaudará información precisa que nos permitirá identificar características específicas del objeto de estudio
Observación experimental	Ficha de campo	Se podrá detectar, consultar y obtener información y otros materiales que parten desde la experimentación.
Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua residual	Ficha de resultados de Laboratorio de INACAL	

Fuente: *Elaboración del investigador, 2022.*

La validez de la investigación estará desplegado a expertos y concedores en el tema estudiado, de esta manera otorgar su confiabilidad de los documentos. Por ello Sampieri, et al. (2014), muestra esta validez otorgada por expertos, para poder comprobar los indicadores, variables, escalas e ítems mostradas mediante una matriz. La validez de la presente investigación estará a cargo de 3 expertos o especialistas en la temática que darán sustento y confiabilidad, el cual se detallara en la siguiente tabla.

Tabla N° 3: Cuadro de Validadores de los instrumentos.

N°	Nombre y Apellido	Profesión	Especialidad	Apto para la Aplicación de Instrumentos
1	HENRRY GIOVANI JAVE CONCEPCIÓN	Biólogo	Agroecología mención gestión ambiental	Apto
2	ANDI LOZANO CHUNG	Ingeniero Ambiental	Calidad Ambiental	Apto
3	EUGENIO HERRERA GONZALES	Ingeniero Ambiental	Evaluación de Impacto Ambiental	Apto

Fuente: Elaboración propia.

Confiabilidad:

“El coeficiente de Cronbach es la medida de la correlación de los factores que forman parte de una herramienta”. Esta medida también se puede considerar como el grado en que se mide una estructura, una concepción o un elemento en particular en cada ítem “(Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach, 2005)”. Una vez validado los estudios, se procederá con la confiabilidad de Alpha de Cronbach, que ayuda a establecer la consistencia de las preguntas. A continuación, el siguiente cuadro de rangos:

Tabla N° 4: Criterios del coeficiente de confiabilidad para el Alfa de Cronbach.

Intervalo al que Pertenece el Coeficiente Alfa de Cronbach	Valoración de la Fiabilidad de los Ítems Analizados
[0 ; 0,5]	Inaceptable
[0,5 ; 0,6]	Pobre
[0,6 ; 0,7]	Débil
[0,7 ; 0,8]	Aceptable
[0,8 ; 0,9]	Bueno
[0,9 ; 1]	Excelente

Fuente: Eduardo Chaves-Barboza y Laura Rodríguez Miranda 2018.

Tabla N° 5: Resultados del Coeficiente de Cronbach por Instrumento.

Instrumento	Promedio de Instrumentos por Experto	N° de Ítem
Ficha de campo	0.99	10

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar a través del análisis realizado en Microsoft Excel, que el coeficiente de confiabilidad para la primera ficha de campo es de 0.99, con lo que se puede concluir e interpretar que los instrumentos según la valorización de confiabilidad son excelentes para su aplicación.

3.5. Procedimiento.

A nivel metodológico la investigación planteó y desarrollo un procedimiento de recolección y análisis de datos sólidos y firmes, divididos en diferentes fases como:

Fase 1: Pre campo, fase que estaba constituida por la etapa 1, que corresponde a la determinación del área de estudio, donde se consideró el punto de efluente de las aguas residuales domésticas de la quebrada Pucayacu, en la etapa 2, aquí se construirá las fichas y hojas de registro de campo, instrumentos que luego deberán ser validados por juicio de expertos, la etapa 3; es donde se realizará la selección de las macrófitas acuáticas que participarán en la experimentación teniendo en cuenta su potencial de fitorremediación de la concentración de parámetros fisicoquímicos establecidos en el D. S. N° 003-2010 MINAM, Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, también se seleccionaron los Microorganismos de Montaña (MM). En la etapa 4 se procedió a la cotización de los materiales de laboratorio a utilizar para el análisis de las muestras por cada tratamiento que se realizará a las aguas residuales domésticas dispuestas sin ningún tratamiento a la quebrada Pucayacu (Aceites y grasas, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Biológica de Oxígeno, Sólidos Totales en Suspensión, Coliformes Termotolerantes) y los parámetros de campo (Potencial de hidrógeno y Temperatura).

Tabla N° 6: *Eichhornia Crassipes* Acuática Empleada en la Experimentación.

Macrófita 1	Generalidades	Imagen
<i>Eichhornia crassipes</i>	Especie sudamericana conocida como Jacinto de agua, crece rápidamente causando problemas en lagos, lagunas, presas y canales de riego	

Fuente: Elaboración del investigador, 2022.

Tabla N° 7: *Pistia Stratiotes* Acuática Empleada en la Experimentación.

Macrófita 2	Generalidades	Imagen
<i>Pistia stratiotes</i>	Comúnmente llamada lechuga de agua, se encuentra presente en aguas dulces casi de todas las zonas tropicales	

Fuente: Elaboración del investigador, 2022.

Tabla N° 8: *Microorganismos de Montaña (MM)* para la Experimentación.

MM	Generalidades	Imagen
Hongos, levaduras, micorrizas	Se encuentran habitando en los suelos de montaña, bosques, etc.	

Fuente: Elaboración del investigador, 2022.

Tabla N° 9: LMP para Efluentes PTAR (D. S. N° 003-2010-MINAM).

Parámetros	Unidad	LMP Vertidos a Cuerpos de Agua	Imagen
Aceites grasas	y Mg/L	20	
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	10 000	
DBO	Mg/L	100	
DQO	Mg/L	200	
STS	MI/l	150	

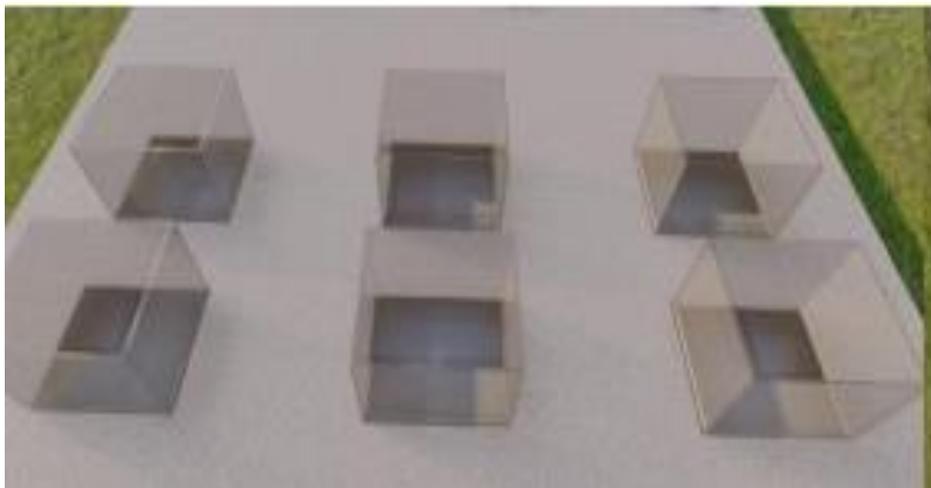
Fuente: Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM.

En la fase 2: Campo; en la etapa 1 se consignó y determinó el punto de vertimiento de las aguas residuales en la quebrada Pucayacu, teniendo en cuenta el “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales” (R. M. N° 273-2013-VIVIENDA), donde los puntos de monitoreo deben poseer características como: a) Permitir que la muestra sea representativa del flujo; b) Estar ubicados en un punto donde haya una mejor mezcla y estar de preferencia cerca al punto de aforo; c) Ser de fácil y seguro, evitar caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos acceso y d) Contar con una placa de identificación incluyendo la denominación del punto de monitoreo.

Para todo ello los puntos de muestreo deben estar identificados y reconocidos claramente, usar para esto GPS, en la etapa 2, consistió en prever y acondicionar el lugar adecuado para realizar la experimentación (ventilación, luz, sombra, etc.), con la finalidad de no causar malestar en

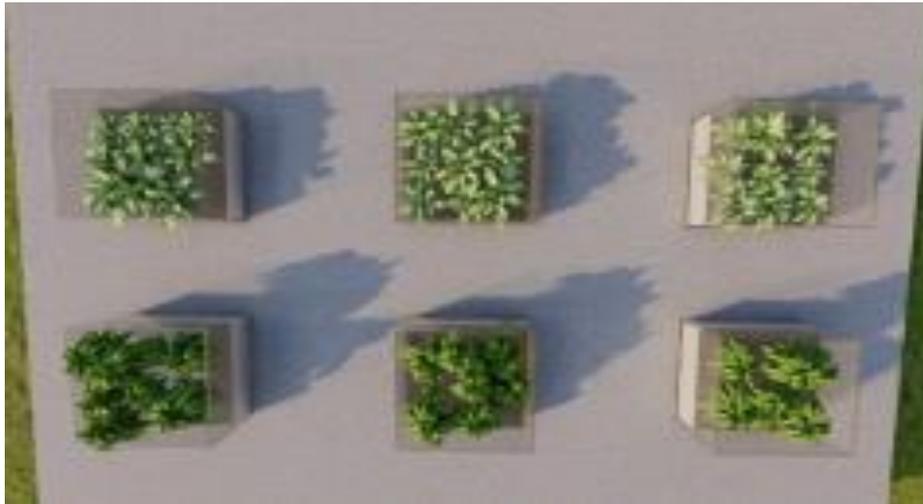
las personas por la posible emanación de gases y malos olores, la etapa 3, se mandaron a fabricar los estanques de vidrio con dimensiones de 45 cm de largo x 40 de ancho x 25 cm de altura, los cuales fueron colocados en lugares estratégicos previamente seleccionados y acondicionados (ver figura 1), la etapa 4; en esta etapa se determinaron el número de plantas macrófitas que se emplearan por cada estanque y tratamiento (mínimo 10 macrófitas por tratamiento, ver figura 2), en la etapa 5; se procedió a la recolección de las macrófitas acuáticas, las cuales tendrán una adaptación previa al tratamiento de 5 días, con la finalidad de limpiar las impurezas de las raíces. En la etapa 5, se recolectó la muestra testigo (T0), la que será enviado a la ciudad de Lima para su análisis en un laboratorio acreditado por INACAL, seguido se colocarán 20 litros de aguas residuales en cada estanque (2 estanques con *E. crassipes*, 2 estanques con *P. stratiotes*, un estanque con *P. stratiotes* más 15% de MM y un estanque con *E. crassipes* más 15% de MM) para continuar con el plantado de las macrófitas, etapa 6; los parámetros de campo como el pH y la temperatura serán medido cada 5 días en cada tratamiento durante toda la experimentación, para ello se utilizará el peachímetro Milwaukee pH55, la etapa 7 corresponde a la toma de muestras, donde se recolectaran aguas residuales del primer tratamiento a 10 días con ambas especies de macrófitas, luego el mismo procedimiento pero a 15 días y en ese mismo periodo de tiempo se muestrearán los dos tratamientos mixtos (macrófitas + MM).

Figura N° 1: Estanques de vidrio de 20 L de capacidad.



Fuente: Elaboración del investigador, 2022.

Figura N° 2: *Plantado de las macrófitas en los estanques.*



Fuente: *Elaboración del investigador, 2020.*

En la fase 3: Gabinete la etapa 1 tiene que ver con la emisión y recepción de los informes o resultados del laboratorio acreditado por INACAL, para todos los tratamientos incluidos la muestra inicial o testigo, la etapa 2 consiste en la interpretación y comparación de los resultados utilizando la estadística IBM SPSS 25, en la etapa 3 se elaboró las tablas y gráficos que correspondan a cada resultado encontrado y la etapa 4 consiste en la preparación y redacción del informe final para su posterior defensa.

3.6. Método de análisis de datos.

Hernández, Sampieri, (2014), se refiere a los procesamientos de datos en una investigación como aquellos que contienen funciones de edición y codificación, por lo que esta edición consiste en la revisión de formatos y la codificación involucra establecer categorías, por eso, los resultados que se obtendrán previo reporte de análisis del laboratorio acreditado por INACAL, serán tabulados y graficados en el software Microsoft Excel, por lo que el análisis de datos busca fortalecer objetivamente toda la data obtenida, de forma eficiente, ya que el objetivo de este método como instrumento de investigación es concluir en base a algunos valores que ayuden a llegar a conclusiones verdaderas y que sean aplicados en su contexto (Tinto, 2013).

3.7. Aspectos éticos.

Desde la óptica profesional la ética viene a ser una norma derivada de la filosofía ya que se considera que es tanto racional, metódica y sistemática (Prado, 2016), entonces considerando lo anterior la ética de investigación del presente estudio se sitúa y tiene como base a la guía de elaboración del Trabajo de Investigación y Tesis para obtener el grado académico y Título Profesional de la Universidad César Vallejo (Fondo editorial, 2017) y por otra parte se respeta la Resolución de Consejo Universitario N° 011-2020-VI-UCV, además de respetar la autoría de todas las fuentes bibliográficas citadas en la norma APA.

IV. RESULTADOS

4.1. Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.

4.1.1. Características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.

Tabla N° 10: Características Generales de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Referencial (LMP)
Ph	-	6.60	6,5-8,5
Turbidez	NTU	139,9	50
Color	UC	20.3	15
Aceites y grasas	mg/L	13,30	20
Temperatura	°C	21.57	<35
DBO	mg/L	338,9	100
DQO	mg/L	825,4	200
SST	ml/L	188,6	150
Coliformes termotolerantes	NMP/100MI	110 000 000	10000

Fuente: Laboratorio ALAB – Perú.

Interpretación:

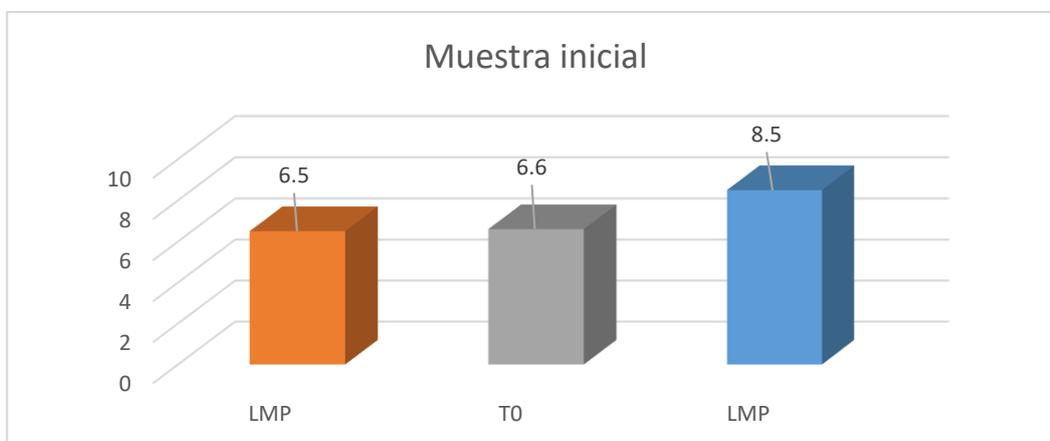
En la Tabla 10, se observan los valores iniciales de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu con los respectivos LMP, obteniendo un pH fue de 6.60, turbidez 139,9 NTU; aceites y grasas 13,30 mg/L, Temperatura 21.57 °C, DBO 338,9 mg/L, SST 188,6 ml/L, coliformes termotolerantes 110 000 000 NMP/100 mL. A excepción de aceites y grasas, temperatura y pH, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos exceden los LMP con valores elevados.

Tabla N° 11: pH Inicial de las Aguas Residuales Domesticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales mg/L		LMP - mg/L
0 Días		
T0	6,60	6,5 – 8,5

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 3: pH Inicial de las Aguas Residuales Domesticas en la Quebrada Pucayacu.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

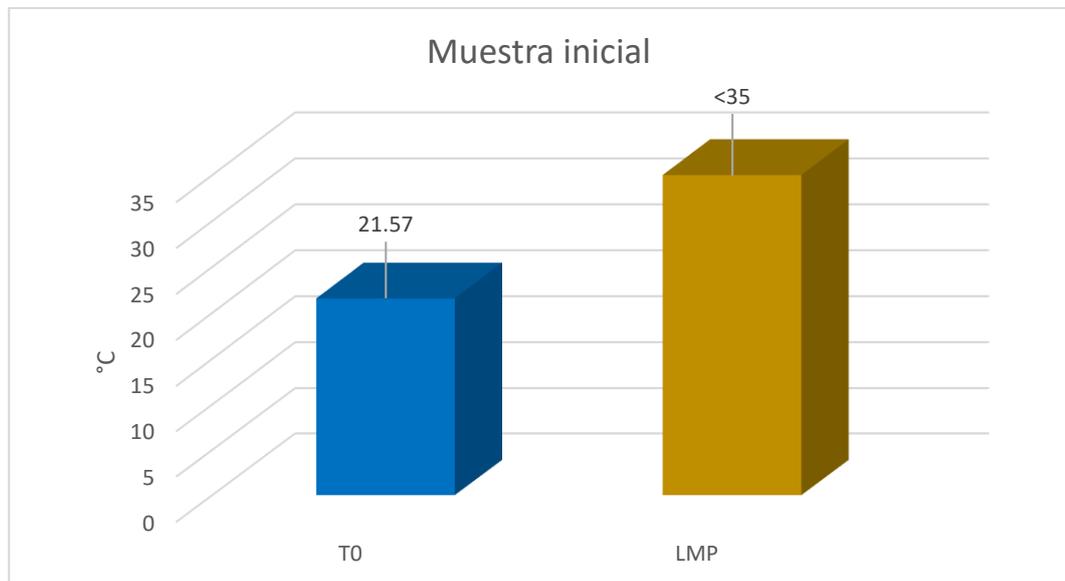
El valor inicial de pH (6.6) se encuentra dentro de la escala mínima y máxima de los límites máximos permisibles establecidos (6.5 – 8.5).

Tabla N° 12: Temperatura Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales mg/L		LMP - °C
0 Días		
T0	21,57	<35

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 4: Temperatura Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

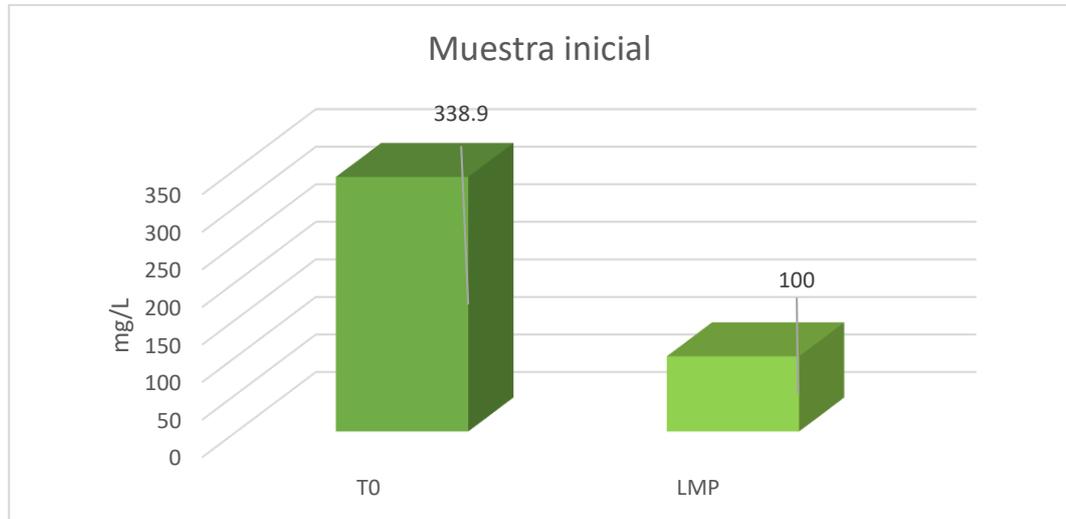
La temperatura inicial fue de 21.57 °C, lo que indica que estas aguas se mantienen a una temperatura ambiente, a pesar de la contaminación este parámetro no se altera.

Tabla N° 13: Demanda Bioquímica de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales mg/L		LMP - mg/L
0 Días		
T0	338,9	100

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 5: Demanda Bioquímica de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

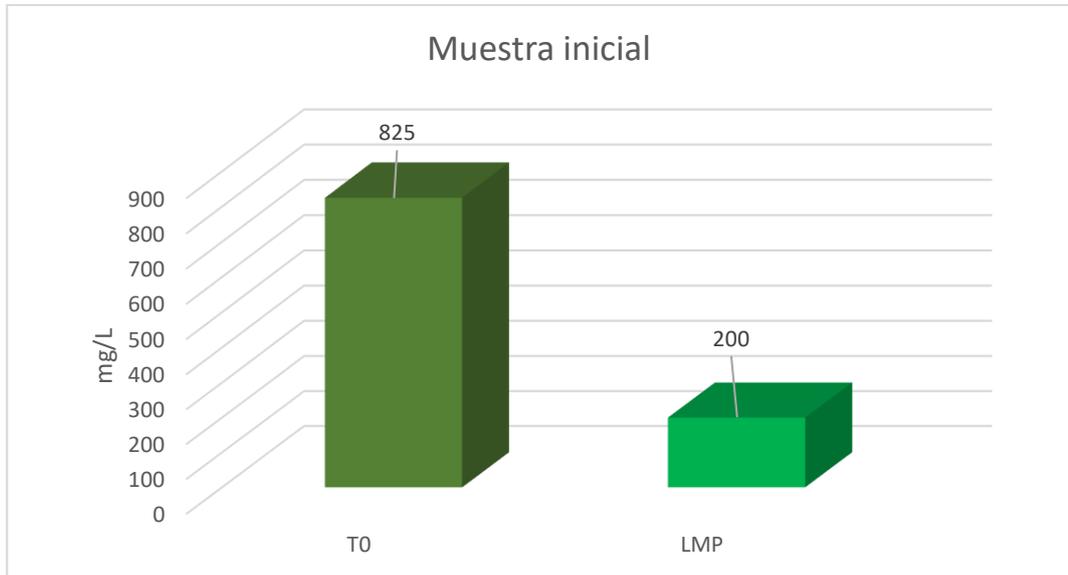
En la tabla 13 y figura 5 se observa el resultado inicial de la demanda bioquímica de oxígeno 338,9 mg/L, siendo concentración muy elevadas que sobrepasan el límite máximo permisibles de 100 mg/L para estos efluentes.

Tabla N° 14: Demanda Química de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales mg/L		LMP - mg/L
0 Días		
T0	825	200

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 6: Demanda Química de Oxígeno Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

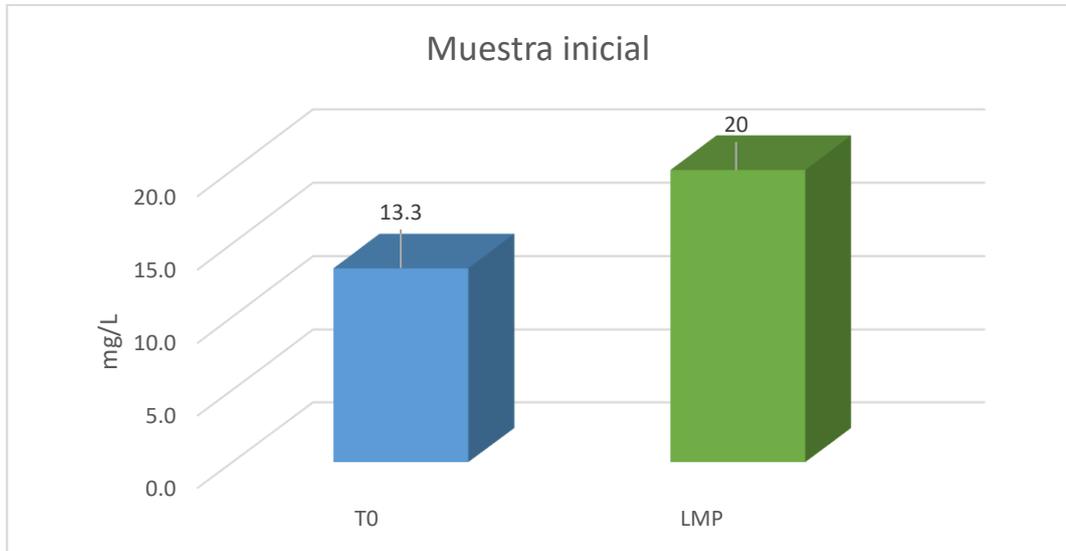
En la tabla 14 y figura 6, se muestra los resultados iniciales de la demanda química de oxígeno, donde se obtuvo una concentración muy elevada de 825 mg/L, siendo el LMP 200 mg/L.

Tabla N° 15: Aceites y Grasas Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales mg/L		LMP - mg/L
T0	0 Días	
	13,30	20

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 7: Aceites y Grasas Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

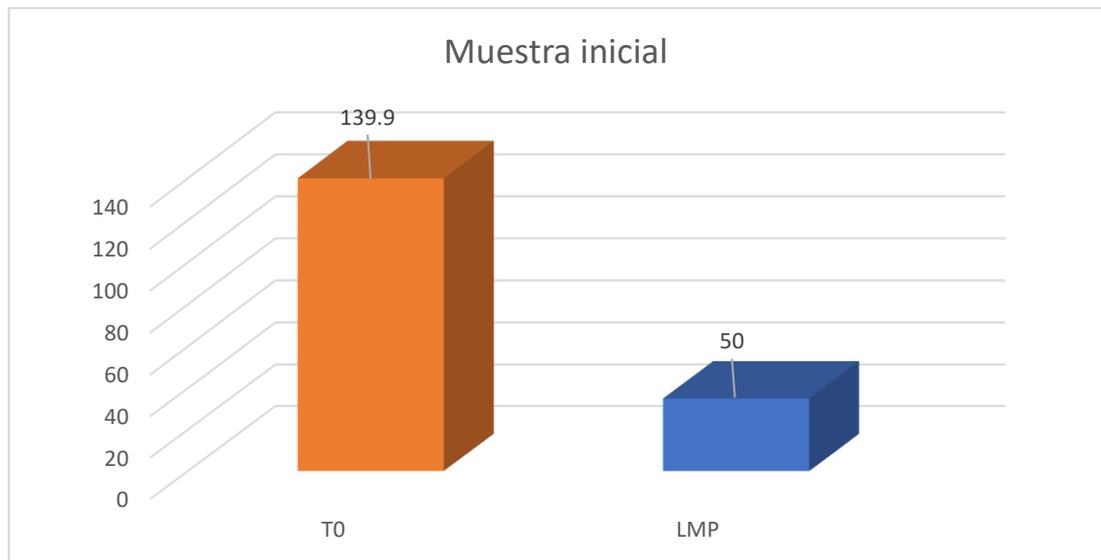
Los aceites y grasas analizados dieron como resultado 13.3 mg/L, valor que no sobrepasa los LMP de 20 mg/L.

Tabla N° 16: Turbidez Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales NTU		NTU
	0 Días	
T0	139,9	50

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 8: *Turbidez Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.*



Fuente: *Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.*

Interpretación:

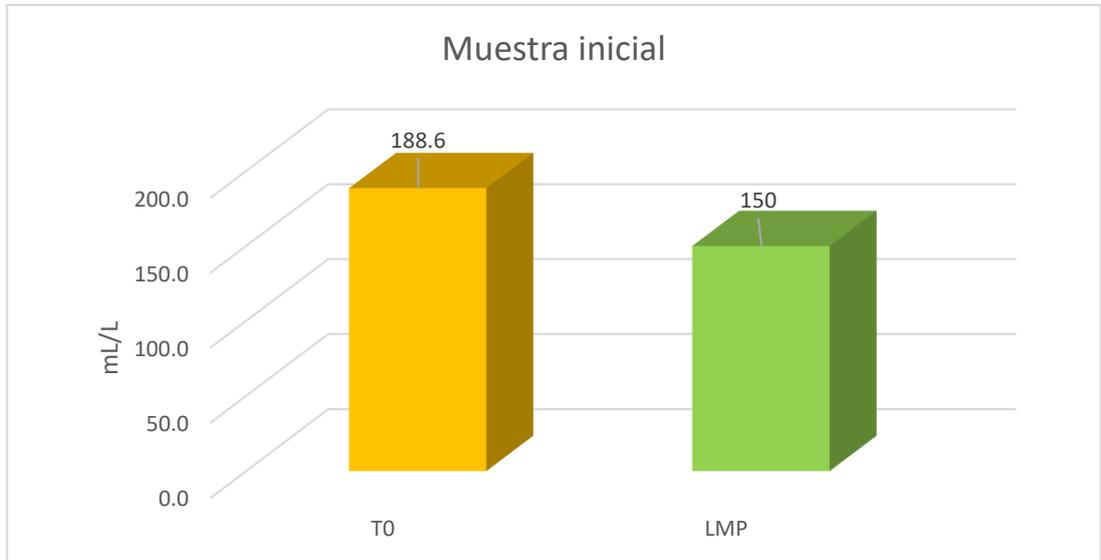
El valor de turbidez que se obtuvo en la muestra inicial fue muy elevado con 139.9, sobrepasando los LMP de <50.

Tabla N° 17: *Sólidos Suspendidos Totales, Iniciales de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.*

Muestra de Aguas Residuales mL/L		LMP - mL/L
0 Días		
T0	188,6	150

Fuente: *Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.*

Figura N° 9: *Sólidos Suspendidos Totales Iniciales de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.*



Fuente: *Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.*

Interpretación:

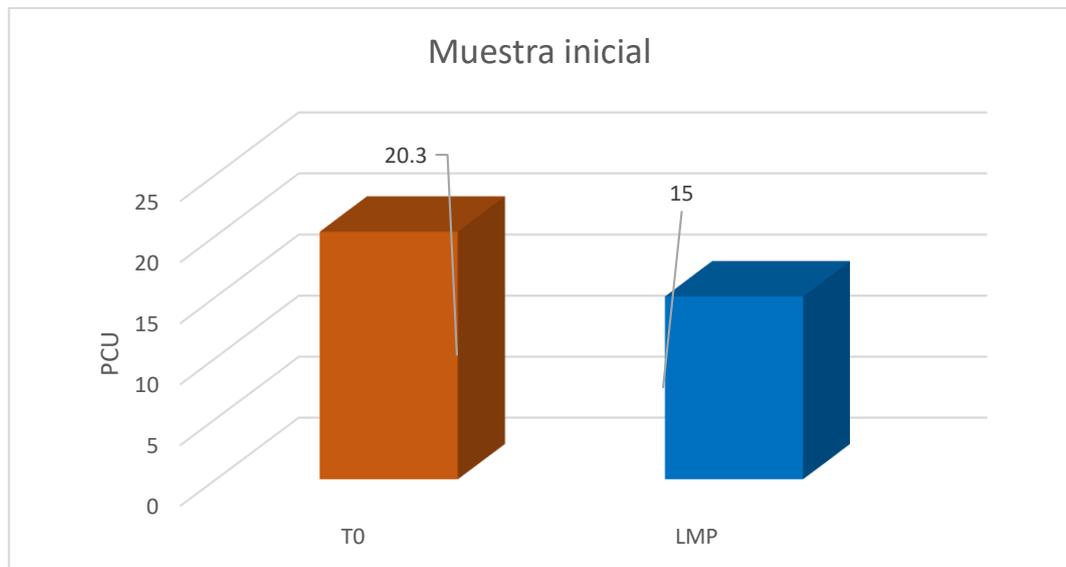
La concentración obtenida de sólidos suspendidos totales fue de 188.6 ml/L, valor que sobre pasa los LMP establecidos de 150 ml/L.

Tabla N° 18: *Color Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.*

Muestra de Aguas Residuales UC		UC
0 Días		
T0	20.3	15

Fuente: *Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.*

Figura N° 10: Color Inicial de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

El color que se observó inicialmente fue ligeramente grisáceo, en concentraciones de 20.3 UC, mientras que los LMP establecidos son de 15 UC, sobrepasando levemente los valores normales.

Tabla N° 19: Coliformes Termotolerantes Iniciales, de las Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu.

Muestra de Aguas Residuales NMP/100mL		LMP – NMP/100mL
0 Días		
T0	110 000 000	10, 000

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

Las concentraciones de coliformes termotolerantes que se obtuvieron fueron muy elevadas, con una concentración de 110 000 000; sobrepasando excesivamente los LMP de 10000 NMP/100mL.

4.2. Evaluar las características física química y microbiológicas post tratamiento de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.

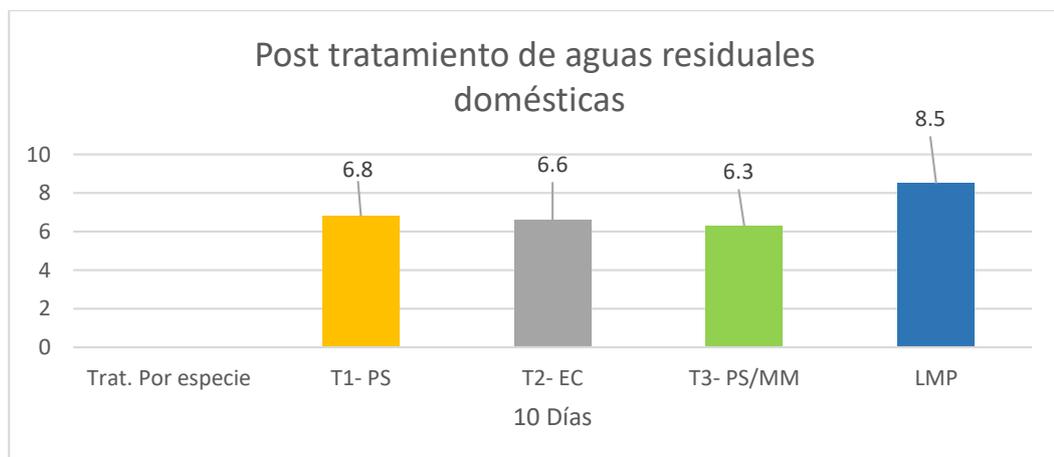
4.2.1. Características físicas químicas y microbiológicas post tratamiento (10 días) de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.

Tabla N° 20: Resultados de pH a los 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas - pH (10 días)			
10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM
T1- PS	T2 - EC	T3 – PS/MM	6,5 - 8,5
6,8	6,6	6,3	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 11: Resultados de pH a los 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

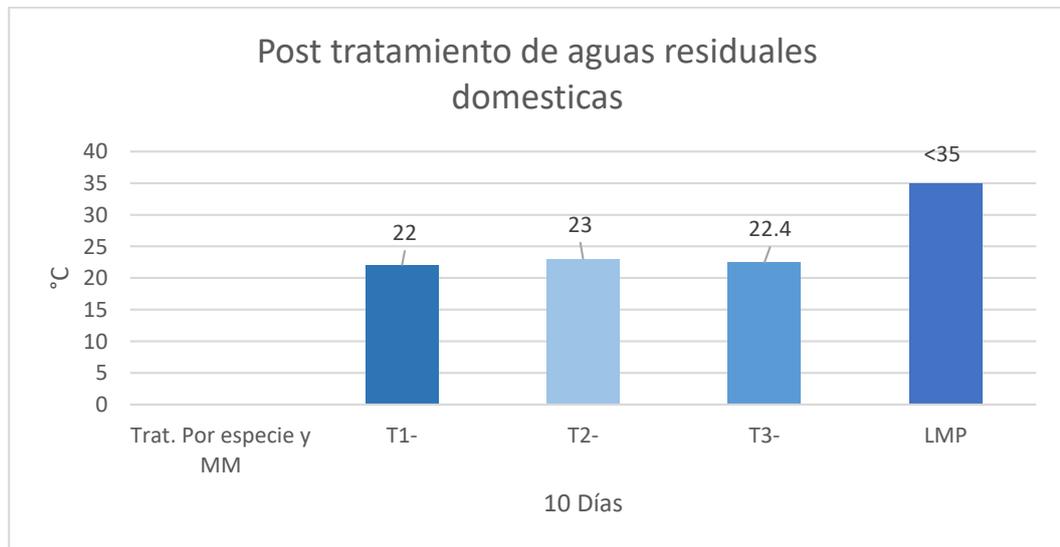
En la Tabla 20 y Figura 11, se observan los resultados de Ph a los 10 días de tratamiento con plantas macrofitas y microorganismos de montaña, donde no se encuentra mayor variabilidad entre los tratamientos 1,2 y 3, y cada uno de estos se encuentran dentro los LMP establecidos para este tipo de agua residual.

Tabla N° 21: Resultados de Temperatura a los 10 días de Tratamiento.

10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM °C
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM	<35
22	23	22,4	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 12: Resultados de Temperatura a los 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

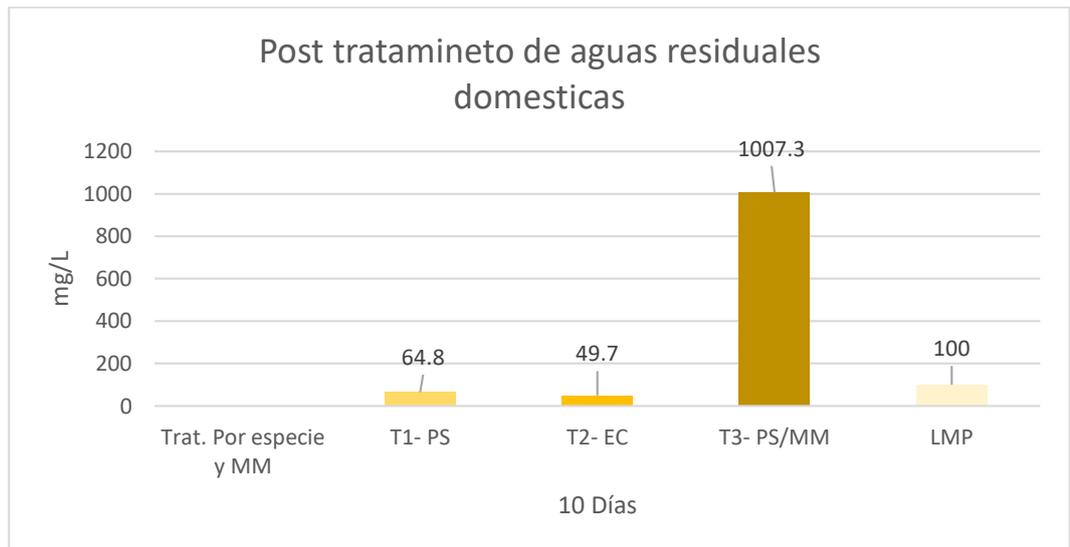
En la Tabla 21 y Figura 12, se observan los resultados de temperatura a los 10 días de tratamiento con plantas macrofitas y microorganismos de montaña, donde los tratamientos no muestran mayor variación entre ellos con valores entre 22°C y 23°C, recalcando que ninguno de estos sobrepasa los LMP.

Tabla N° 22: Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – DBO5 (10 días)			
10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM mg/L
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM	
64,8	49,7	1007,3	100

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 13: Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

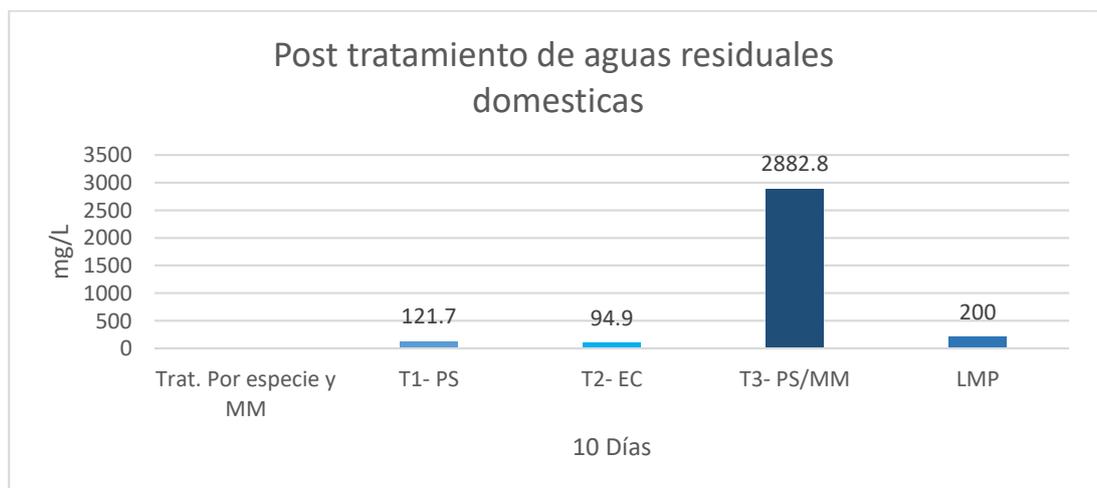
En la Tabla 22 y Figura 13, se observan los resultados de DBO a los 10 días de tratamiento con plantas macrofitas y microorganismos de montaña, se pudo encontrar una diferencia muy significativa entre los tratamientos con solo plantas macrofitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 64,8 mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 49,7 mg/L y el tratamiento con *Pistia Stratiotes* + MM muestran un valor de 1007,3mg/L, sobrepasando a gran escala los LMP; lo que indicaría que la combinación de macrofitas con MM no es un tratamiento eficiente para reducir DBO5.

Tabla N° 23: Resultados de Demanda Química de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – DQO (10 días)				
10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM mg/L	
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM		
121.7	94.9	2882.8	200	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 14: Resultados de Demanda Química de Oxígeno a los 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

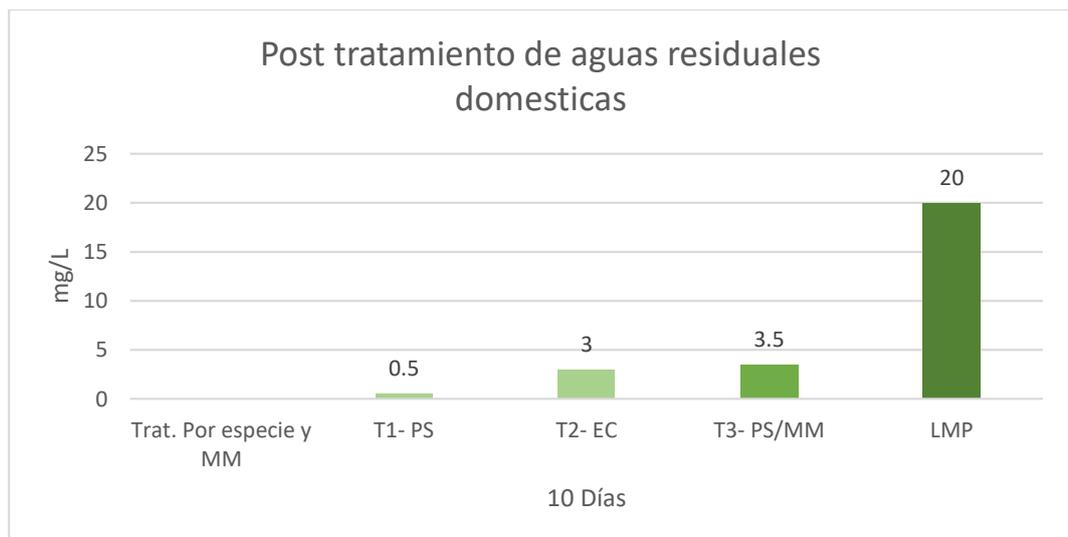
En la Tabla 23 y Figura 14, se observan los resultados de demanda química de oxígeno a los 10 días de tratamiento con plantas macrofitas y microorganismos de montaña, se pudo encontrar una diferencia significativa entre los tratamientos con solo plantas macrofitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 121,7 mg/L, el tratamiento 2 con 94.9 mg/L y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 2882,8 mg/L, es decir que los tratamientos con macrofitas sin adición MM da resultados más óptimos.

Tabla N° 24: Resultados de Aceites y Grasas a los 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas –Aceites y Grasas (10 días)			
10 días			LMP-DS:003-2010-MINAM mg/L
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM	20
0,50	3,00	3,50	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 15: Resultados de Aceites y Grasas a los 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

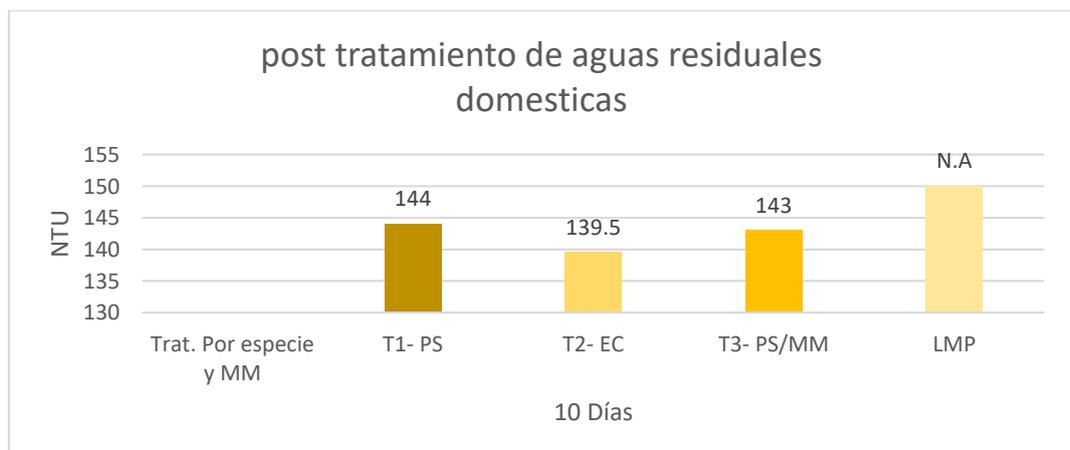
En la Tabla 24 y Figura 15, se observan los resultados de aceites y grasas a los 10 días de tratamiento con plantas macrofitas y microorganismos de montaña, se pudo encontrar una diferencia significativa entre los tratamientos con solo plantas macrofitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 0,5 mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 3 mg/L y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 3,5 mg/L, indicando que los 3 tratamientos son eficientes para la reducción de aceites y grasas en aguas residuales domésticas, ya que ninguno sobre pasa los LMP.

Tabla N° 25: Resultados de Turbidez a los 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas –Turbidez (10 días)			
10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM NTU
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM	N. A.
144	139,5	143	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 16: Resultados de Turbidez a los 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

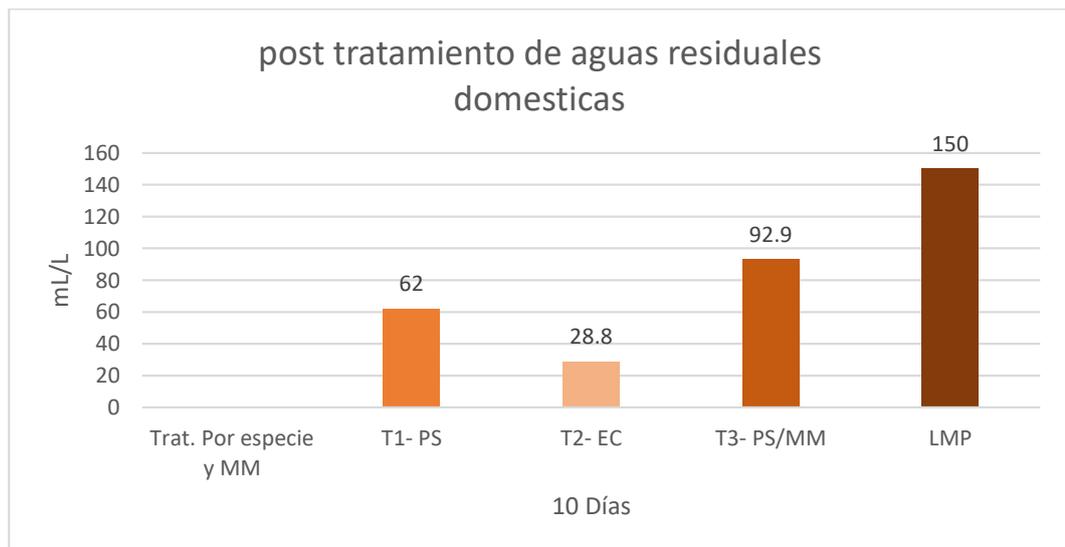
En cuanto a la turbidez de la Tabla 25 y Figura 16, se puede observar que a los 10 días de tratamiento una ligera reducción en los niveles de turbidez donde el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* obtuvo 144 NTU, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* 139,5 NTU y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 143 NTU, logrando reducir la turbidez por debajo de lo encontrado inicialmente.

Tabla N° 26: Resultados de Sólidos Suspendidos Totales 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas –SST (10 días)			
10 días			LMP-DS:003-2010-MINAM mL/L
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM	
62,0	28,8	92,9	150

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 17: Resultados de Sólidos Suspendidos Totales 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

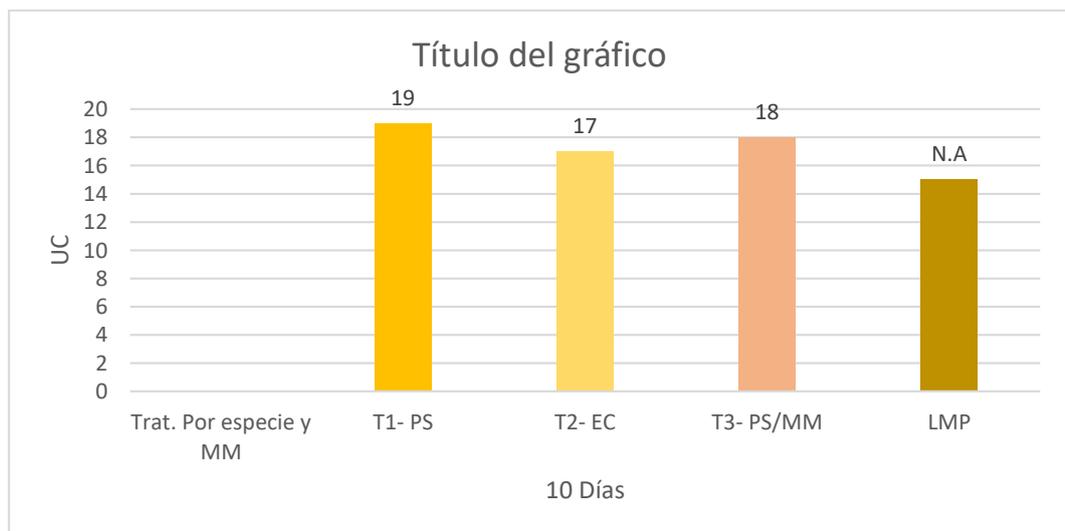
En la Tabla 26 y Figura 17, se observan los resultados de sólidos totales en suspensión a los 10 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 62ml/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 28.8 ml/L y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 92.9 ml/L cada uno de los tratamientos se mostró eficiente para la reducción de SST, sin embargo se resalta la diferencia entre los valores de los tratamientos con macrófitas y los tratamientos con adición de MM.

Tabla N° 27: Resultados de color 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – Color (10 días)			
10 días			LMP-DS:003-2010-MINAM UC
T1- PS	T2 – EC	T3 - PS/MM	N. A
19	17	18	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 18: Resultados de color 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

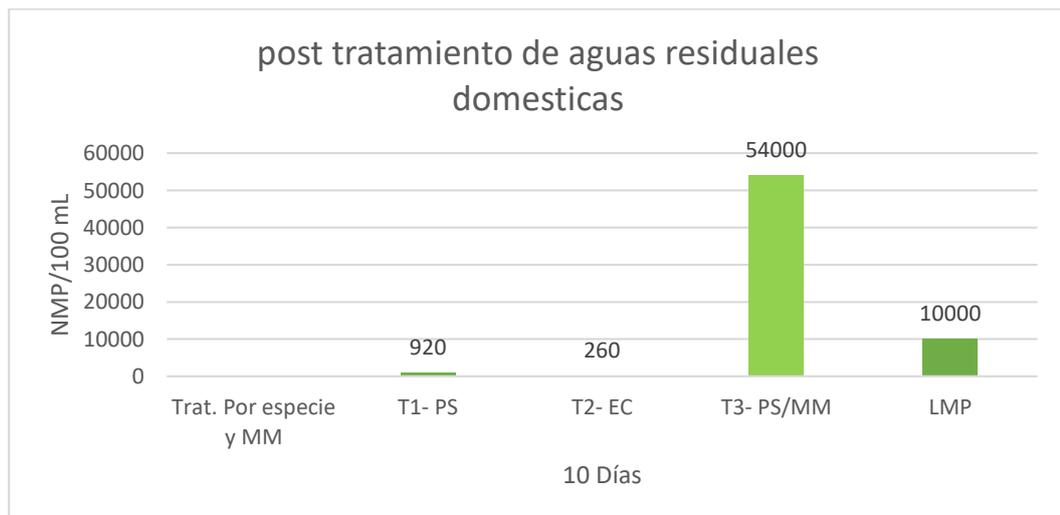
En la Tabla 27 y Figura 18, se observan los resultados del Color a los 10 días de tratamiento con plantas macrofitas y microorganismos de montaña, el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 19 UC, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 17 UC y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 18 UC, los valores iniciales bajaron sin embargo este parámetro no aplica para los LMP, donde se consideran solo 7 parámetros y excluye al color de ella.

Tabla N° 28: Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 10 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – Coliformes Fecales (10 días)				
10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM NMP/100mL	
T1- PS	T2 - EC	T3 - PS/MM		
920	260	54 000	10 000	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 19: Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 10 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

En la Tabla 28 y Figura 19, se observan los resultados de Coliformes fecales (termotolerantes) a los 10 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 920 NMP/100mL, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 260 NMP/100mL y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 54 000 NMPP/100MI, Mostrando diferencia significativa entre los tratamientos con solo macrófitas y los tratamientos con adición de MM, considerando a este último con concentraciones muy altas sobrepasando por mucho los LMP.

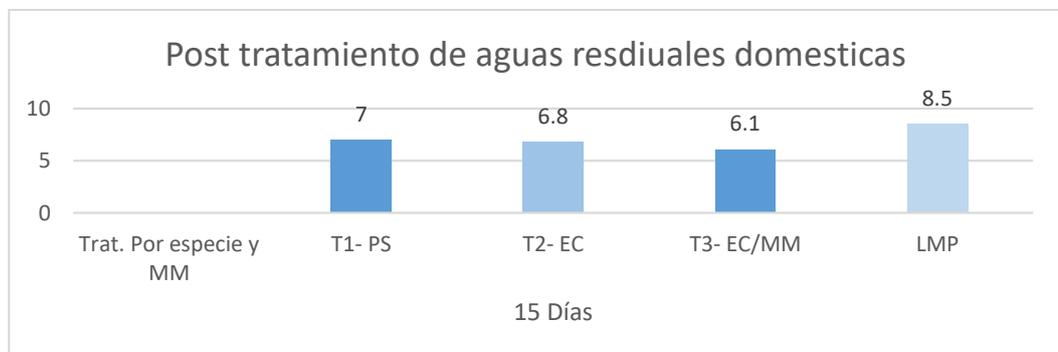
4.2.2. Características físicas químicas y microbiológicas post tratamiento (15 días) de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.

Tabla N° 29: Resultados de pH a los 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas - pH (15 días)			
10 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	6,5 - 8,5
7,00	6,8	6,1	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 20: Resultados de pH a los 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

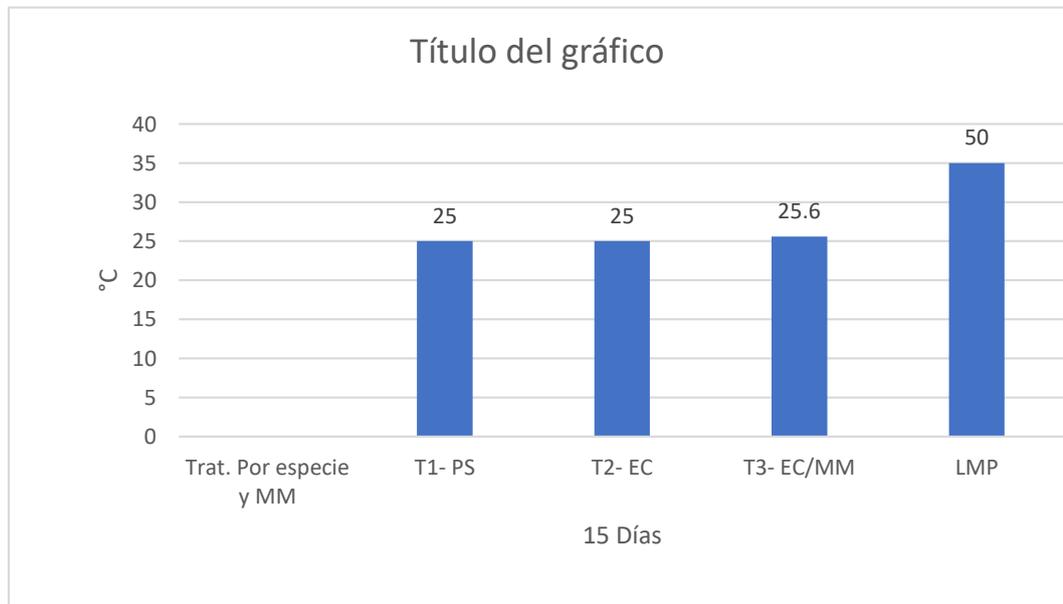
En la Tabla 29 y Figura 20, se observan los resultados de temperatura a los 10 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña donde no se encuentra mayor variabilidad entre los tratamientos 1,2 y 3, y cada uno de estos se encuentran dentro los LMP establecidos para este tipo de agua residual.

Tabla N° 30: Resultados de Temperatura a los 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas - Temperatura (15 días)			
15 días			LMP-DS:003-2010-MINAM °C
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	<35
25	25	25,6	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 21: Resultados de Temperatura a los 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

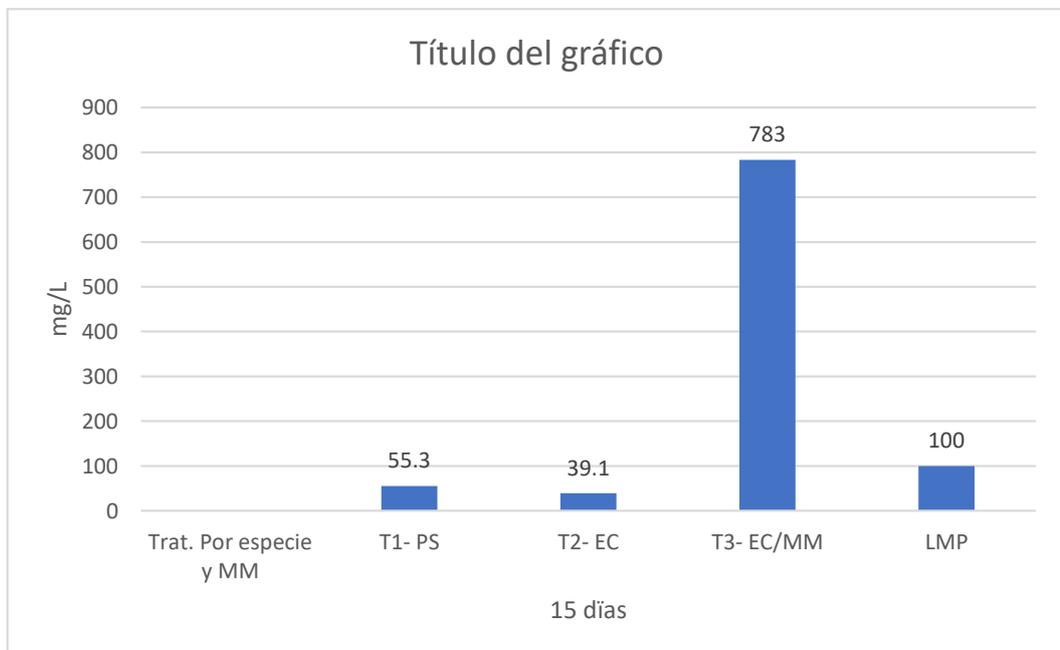
En la Tabla 30 y Figura 21, se observan los resultados de temperatura a los 15 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, donde los tratamientos no muestran mayor variación entre ellos con valores entre 25°C y 25,6 °C, recalcando que ninguno de estos sobre pasa los LMP.

Tabla N° 31: Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas - DBO5 (15 días)			
15 días			LMP-DS:003-2010-MINAM mg/L
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	100
55,3	39,1	783	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 22: Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

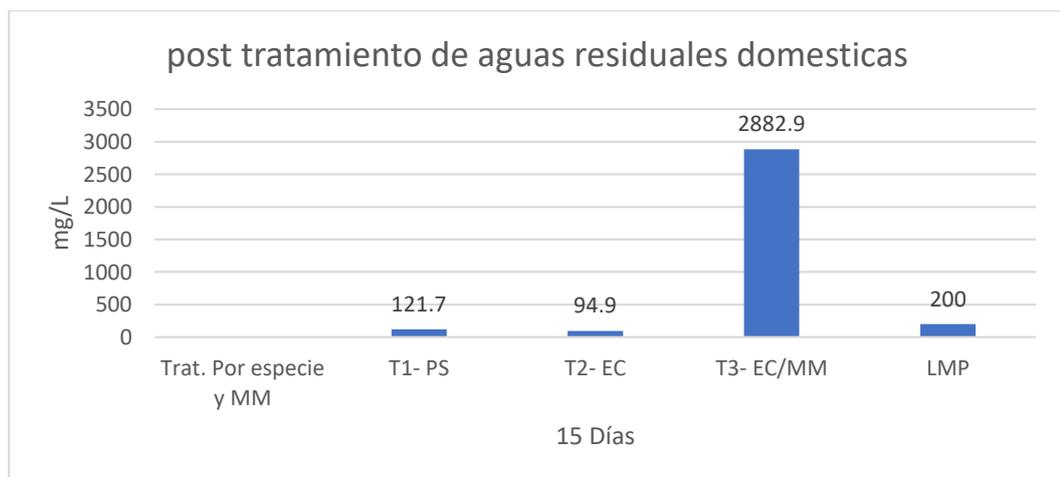
En la Tabla 31 y Figura 22, se observan los resultados de DBO5 a los 15 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, se pudo encontrar una diferencia muy significativa entre los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 55.3mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 39.1 mg/L y el tratamiento con *Eichhornia Crassipes* + MM muestran un valor de 783mg/L, sobrepasando este ultimo los LMP.

Tabla N° 32: Resultados de demanda química de oxígeno a los 15 días de tratamiento.

Post tratamiento de las aguas residuales domesticas – DQO (15 días)			
15 Días			LMP-DS:003-2010-MINAM mg/L
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	
121,7	94,9	2882,9	200

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 23: Resultados de Demanda Química de Oxígeno a los 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

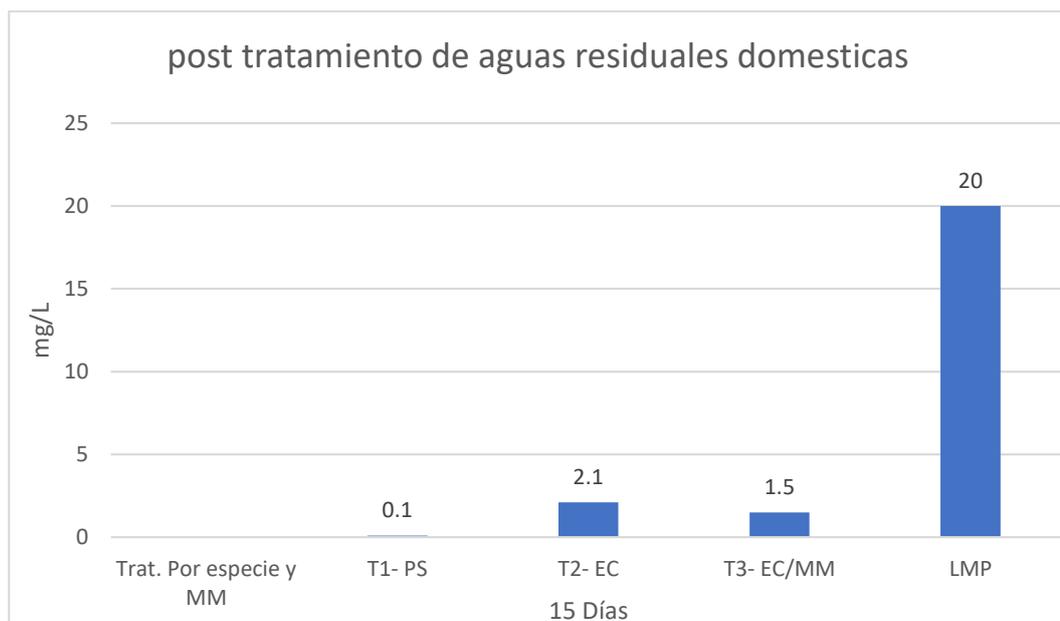
En la Tabla 32 y Figura 23, se observan los resultados de demanda química de oxígeno a los 15 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, se pudo encontrar una diferencia significativa entre los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 121,7 mg/L, el tratamiento 2 con 94,9 mg/L y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 2882,9 mg/L.

Tabla N° 33: Resultados de Aceites y Grasas a los 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domésticas –Aceites y Grasas (15 días)			
10 días			LMP-DS:003-2010-MINAM mg/L
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	20
0,10	2,1	1,5	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 24: Resultados de Aceites y Grasas a los 15 días de Tratamiento.



Interpretación:

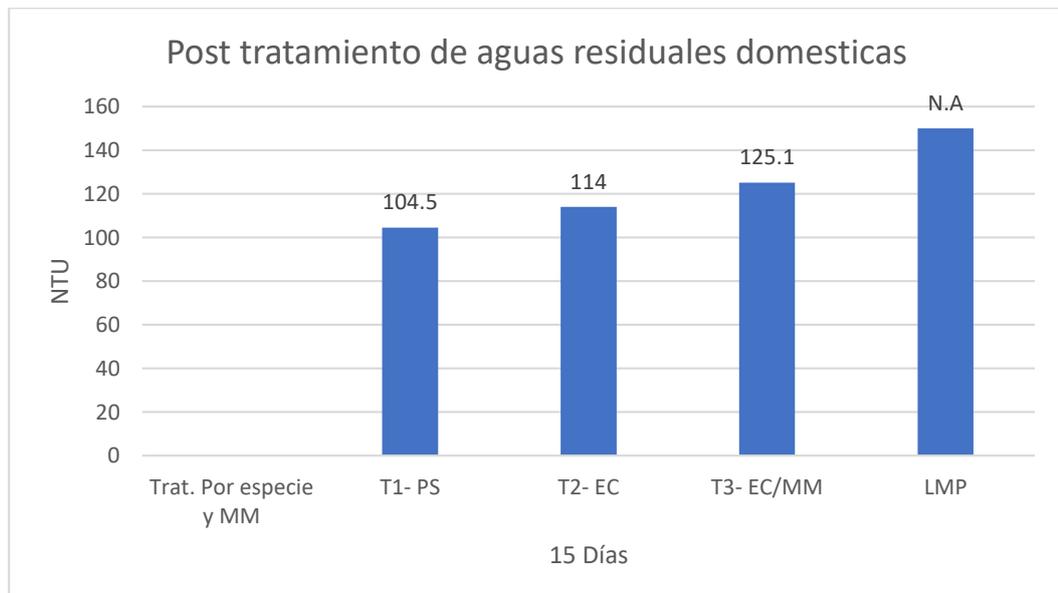
En la Tabla 33 y Figura 24, se observan los resultados de aceites y grasas a los 15 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, se pudo encontrar una diferencia significativa entre los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 0,1 mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 2,1 mg/L y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 1,5 mg/L.

Tabla N° 34: Resultados de Turbidez a los 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas –Turbidez (15 días)			
15 días			LMP-DS:003-2010-MINAM NTU
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	N.A
104,5	114	125,1	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 25: Resultados de Turbidez a los 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

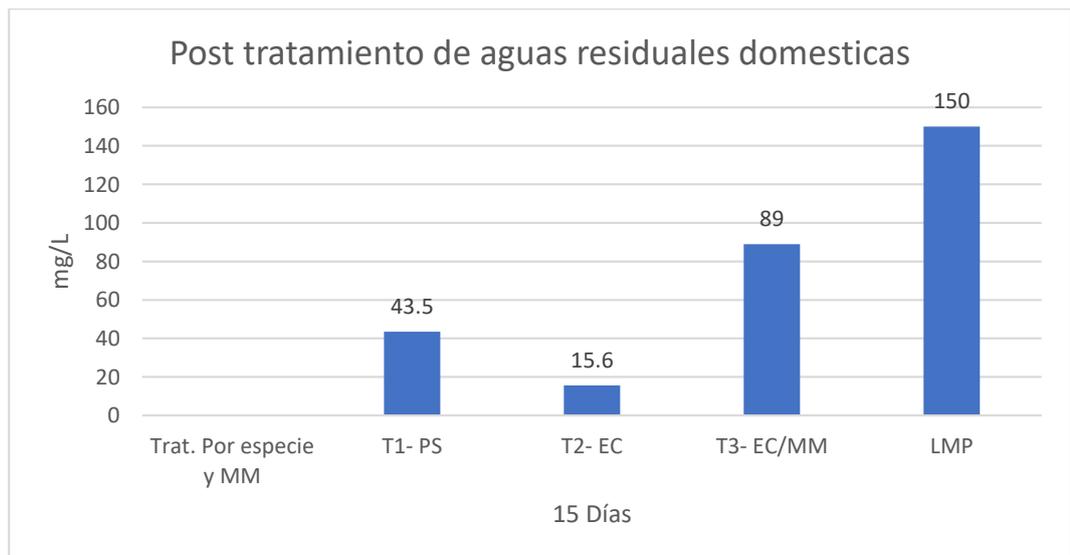
En cuanto a turbidez de la Tabla 34 y Figura 25, se puede observar que a los 15 días de tratamiento una ligera reducción en los niveles de turbidez donde el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* obtuvo 104.5 NTU, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* 114 NTU y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 125.1 NTU, logrando reducir la turbidez por debajo de los LMP.

Tabla N° 35: Resultados de Solidos Suspendidos Totales días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – SST (15 días)			
15 días			LMP-DS:003-2010-MINAM ml/L
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	150
43,5	15,6	89	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 26: Resultados de Solidos Suspendidos Totales 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

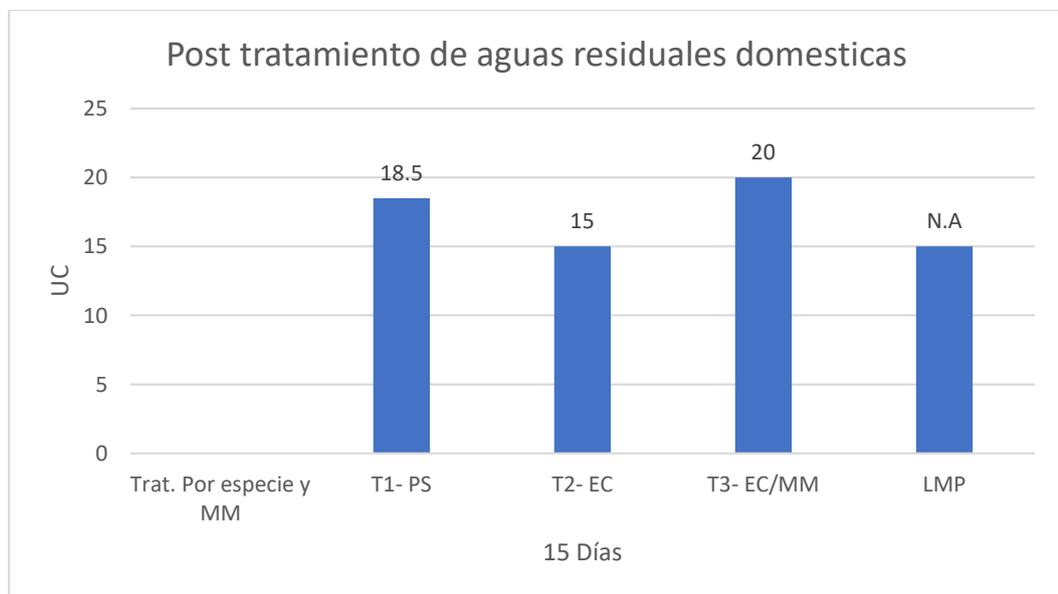
En la Tabla 35 y Figura 26, se observan los resultados de sólidos totales en suspensión a los 10 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 43.5ml/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 15.6 ml/L y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 89 ml/L cada uno de los tratamientos se mostró eficiente para la reducción de SST.

Tabla N° 36: Resultados de color 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – Color (15 días)			
15 días			LMP-DS:003-2010-MINAM UC
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	N.A
18,5	15	20	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 27: Resultados de color 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

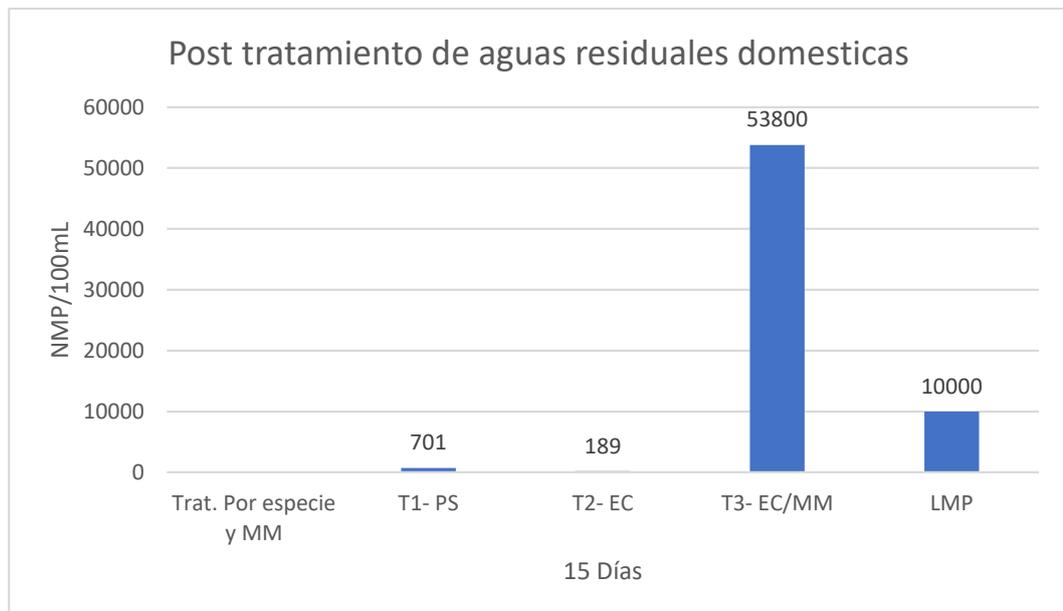
En la Tabla 36 y Figura 27, se observan los resultados de color a los 15 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 18.5 UC, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 15 UC y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 20 UC.

Tabla N° 37: Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 15 días de Tratamiento.

Post Tratamiento de las Aguas Residuales Domesticas – Coliformes Fecales (15 días)			
15 días			LMP-DS:003-2010-MINAM NMP/100MI
T4- PS	T5 - EC	T6 – EC/MM	
701	189	53 800	10 000

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 28: Resultados de Coliformes Fecales (Termotolerantes) 15 días de Tratamiento.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

En la Tabla 37 y Figura 28, se observan los resultados de Coliformes fecales (termotolerantes) a los 15 días de tratamiento con plantas macrófitas y microorganismos de montaña, el tratamiento 1 con Pistia Stratiotes con 701 NMP/100mL, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 189 NMP/100mL y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 53 800 NMPP/100mL.

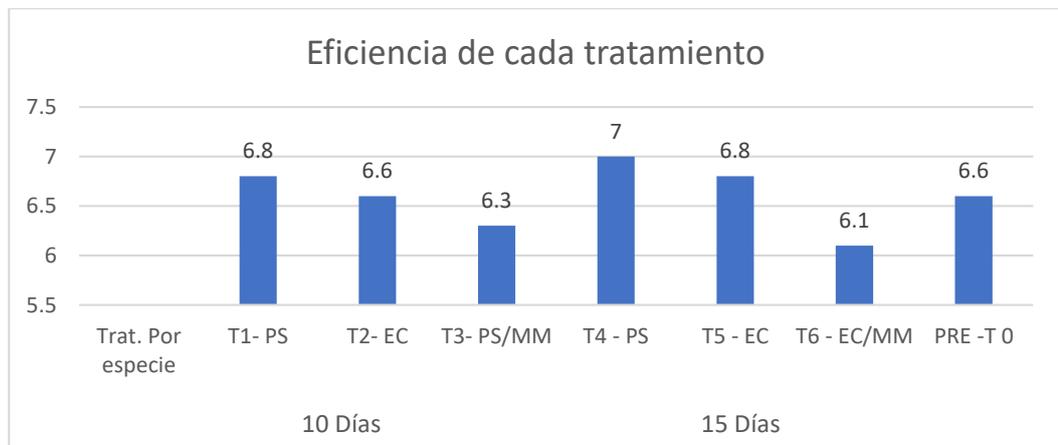
4.3. Comparar la eficiencia de cada tratamiento aplicados a las aguas residuales domésticas de la quebrada Pucayacu.

Tabla N° 38: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en pH

Tratamientos de Aguas Residuales Domesticas						PRE - T0
10 días			15 días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	6.6
6.8	6.6	6.3	7	6.8	6.1	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 29: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en pH.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

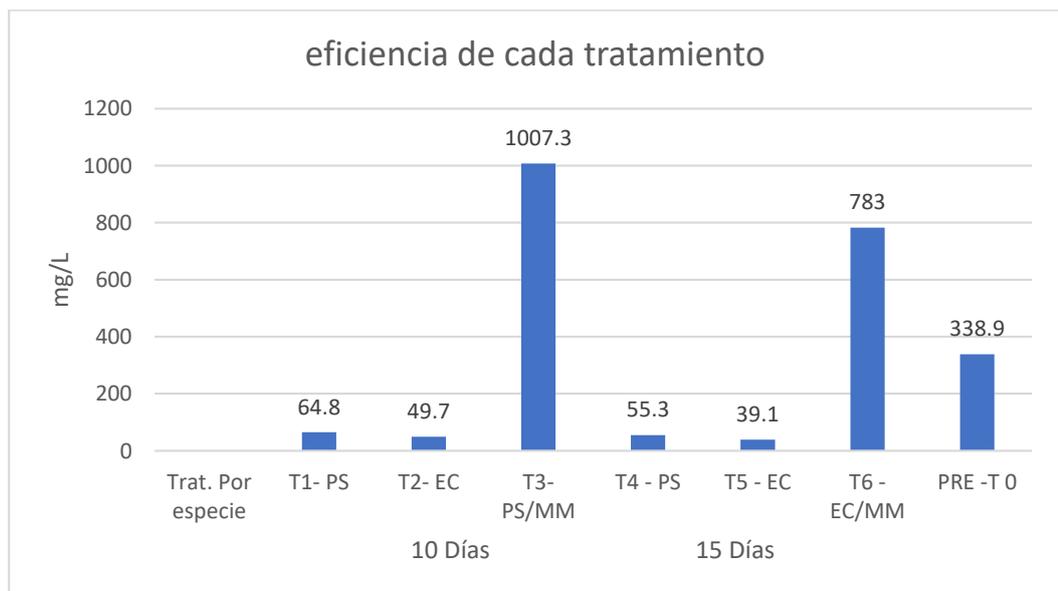
En la Tabla 38 y Figura 29, se observan los valores de todos los tratamientos y los resultados del análisis inicial, donde los tratamientos con adición de MM se muestran ligeramente por debajo de los LMP, T3 – PS/MM con 6.3 y T6- EC/MM con 6.1; los tratamientos sin adición de MM varían entre 6.6 y 7 sin diferencia significativa entre tratamientos y días.

Tabla N° 39: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda bioquímica de oxígeno.

Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas						PRE - T0
10 días			15 días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	338.9
64.8	49.7	1007.3	55.3	39.1	783	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 30: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda bioquímica de oxígeno.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

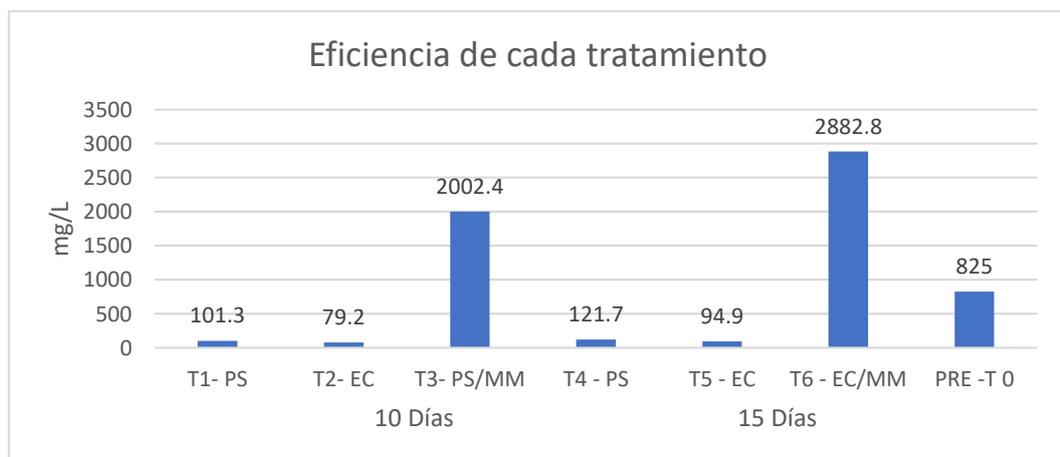
En la Tabla 39 y Figura 30, se muestran los valores de DBO5, donde el T0 fue de 338.9, a los 10 días el T1 fue de 64.8 mg/L, el T2 49.7mg/L, T3 1007 mg/L, a los 15 días el T4 fue de 55.3mg/L, 39.1mg/L y el T6 783, por lo que se encuentra más eficiente los tratamientos de 15 días; sin embargo, se aprecia una diferencia significativa entre los tratamientos con macrófitas y los tratamientos con adición de MM, es decir que las concentraciones en los T3 y T6 se incrementaron y sobrepasan los LMP.

Tabla N° 40: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda química de oxígeno.

Tratamientos de Aguas Residuales Domesticas						PRE - T0
10 Días			15 Días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	825.4
101.3	79.2	2002.4	121.7	94.9	2882.8	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 31: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en demanda química de oxígeno.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

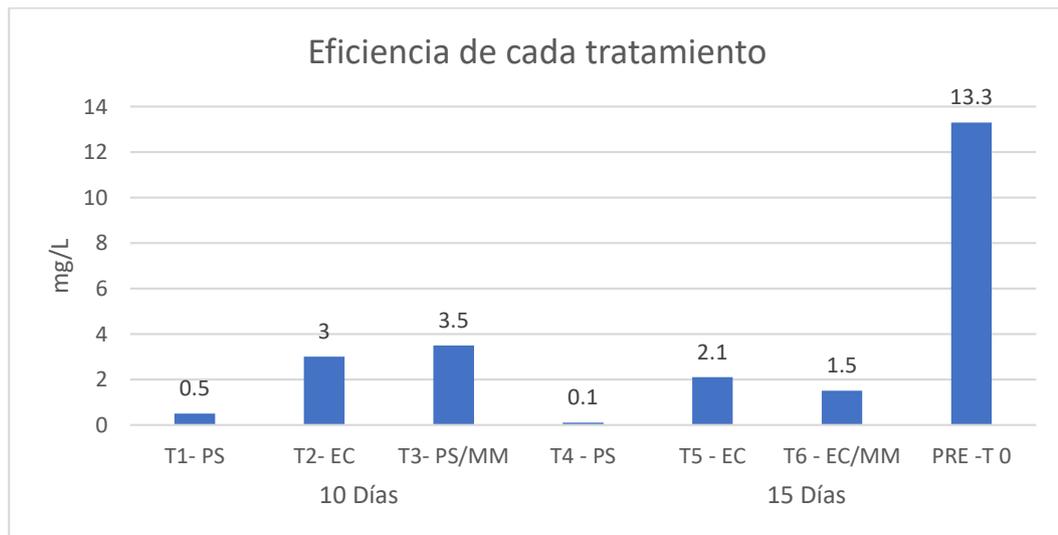
Así mismo en las concentraciones de DQO se lograron reducir considerablemente en los T1 con 101.3mg/L, T2 con 79.2mg/L, T4 con 121.7 mg/L, T5 con 94.9 mg/L, sin embargo, los tratamientos T3 con 2002.4 mg/L y T6 con 2882.8 mg/L incrementaron sus concentraciones a los 10 y 15 días mostrando una diferencia muy significativa a los demás tratamientos.

Tabla N° 41: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en aceites y grasas.

Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas						PRE - T0
10 días			15 días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	13.3
0.50	3.00	3.50	0.10	2.1	1.5	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 32: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en aceites y grasas.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

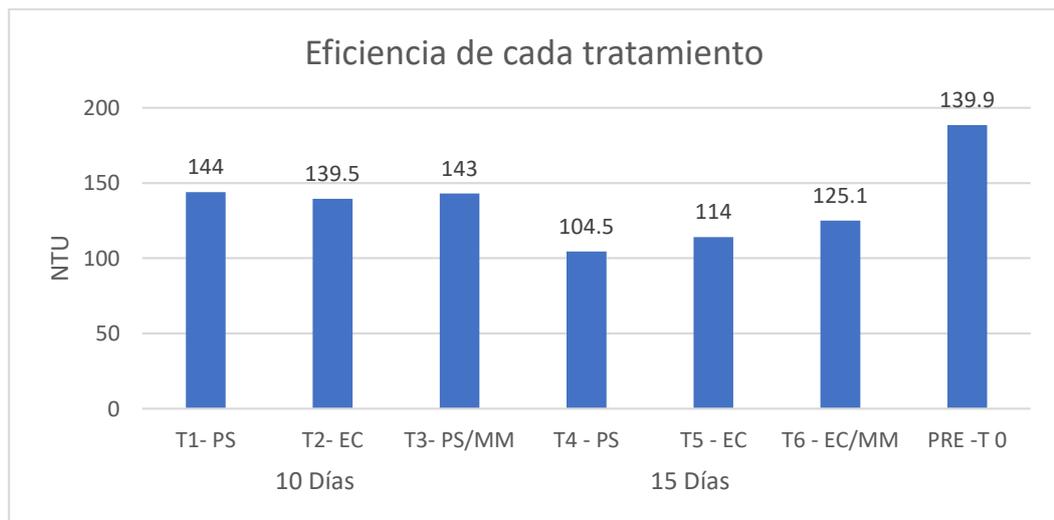
Las concentraciones de aceites y grasas se lograron reducir considerablemente, por lo que el T4 con *Pistias stratiotes* se tiene la mayor eficiencia de remoción con una concentración de 0.10 mg/L en 15 días de tratamiento, seguido por T1 *Pistias stratiotes* con una concentración de 0.50 mg/L en 10 días de experimentación, el T6 con *Eichhornia crassipes* y MM en 15 días removi6 los aceites y grasas hasta 1.5 mg/L.

Tabla N° 42: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Dom6sticas de la quebrada Pucayacu en turbidez.

Tratamientos de Aguas Residuales Dom6sticas						PRE - T0
10 Días			15 Días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	139.9
144	139.5	143	104.5	114	125.1	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducci6n de contaminantes en Aguas Residuales Dom6sticas en la Quebrada Pucayacu, San Mart6n, 2022.

Figura N° 33: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Dom6sticas de la quebrada Pucayacu en demanda qu6mica de ox6geno.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducci6n de contaminantes en Aguas Residuales Dom6sticas en la Quebrada Pucayacu, San Mart6n, 2022.

Interpretación:

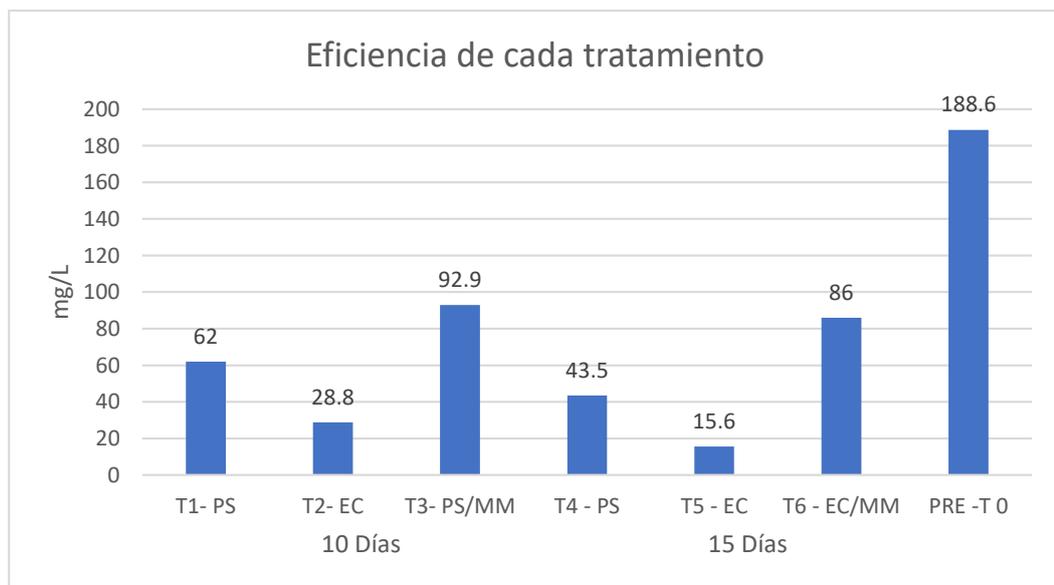
Los tratamientos que muestran mayor eficiencia para turbidez fueron los de 15 días reduciendo sus concentraciones a 104.5 NTU, 114 NTU y 125.1 NTU, a diferencia de los tratamientos de 10 días no se lograron reducir de acuerdo al valor de los LMP.

Tabla N° 43: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en sólidos totales en suspensión.

Tratamientos de Aguas Residuales Domesticas						PRE - T0
10 Días			15 Días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	188.6
62.0	28.8	92.9	43.5	15.6	89	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 34: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en sólidos suspendidos totales.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

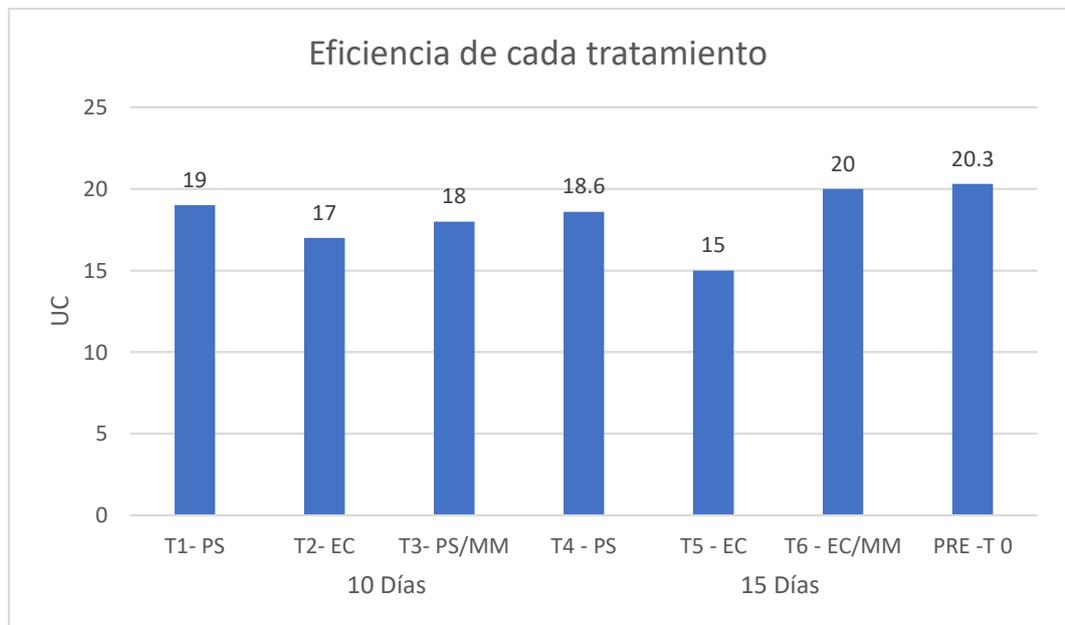
En cuanto a SST los tratamientos de 15 días se mostraron más eficientes en el T4 con 43.5, el T5 con 15.6 y el T6 con 86, así mismo los T1, T2 y T3 se lograron reducir significativamente a comparación de las concentraciones iniciales, obteniendo los resultados esperados dentro de los LMP.

Tabla N° 44: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en color.

Tratamientos de Aguas Residuales Domesticas						PRE - T0
10 Días			15 Días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	20.3
19	17	18	18.6	15	20	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 35: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en solidos suspendidos totales.



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

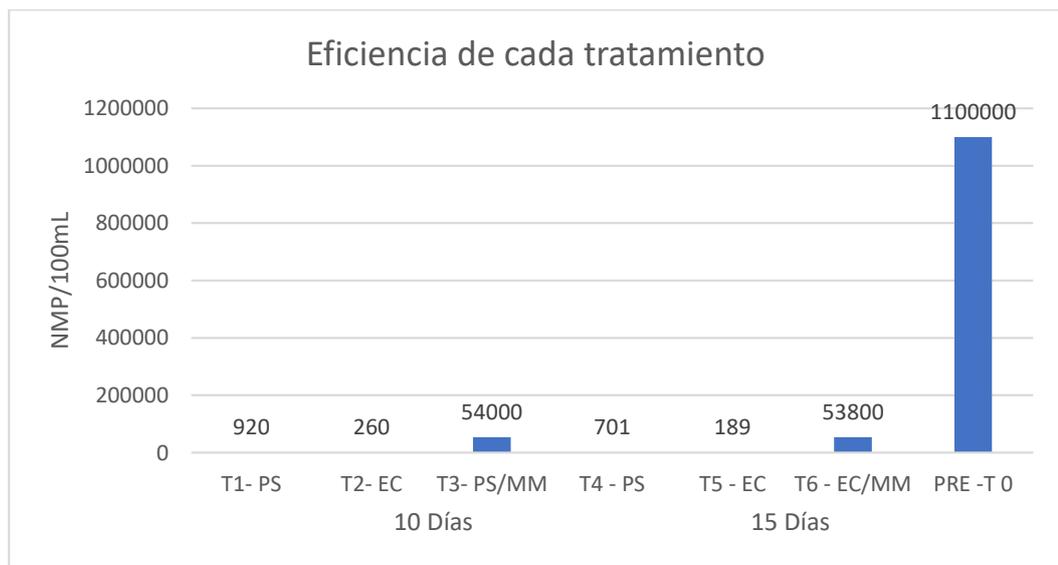
Con respecto a color no existe diferencia significativa entre los tratamientos y días, sin embargo, se encuentra un resultado más óptimo en el T5 con 15 UC, por lo que se considera más eficiente a los tratamientos de 15 días, los tratamientos de 10 días se mantuvieron por encima de la muestra inicial.

Tabla N° 45: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en coliformes fecales (termotolerantes).

Tratamientos de Aguas Residuales Domesticas						PRE - T0
10 Días			15 Días			
T1 PS	T1 EC	T3 PS/MM	T4 PS	T5 EC	T6 EC/MM	110 000 000
920	260	54 000	701	189	53 800	

Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Figura N° 36: Eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu en coliformes fecales (termotolerantes).



Fuente: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña, para la reducción de contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Interpretación:

En la Tabla 45 y Figura 36, se observan los resultados de coliformes fecales a los 10 días los tratamientos T1 con 920 y T2 con 260 muestran la efectividad de las macrofitas para eliminar y reducir los agentes microbiológicos, al contrario del T3 con 54000 aunque se redujeron las concentraciones siguen por encima de los LMP, así mismo los tratamientos de 15 días muestran eficiencia en T4 con 701 y T5 con 189 al igual que el T3, el T6 muestra aun concentraciones muy elevadas de 53800, aun así se consideran más eficientes los tratamientos a los 15 días, resaltando el T5 con 189 NMP/10mL.

V. DISCUSIÓN

Se realizó el análisis de las principales características Fisicoquímicas y Microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu, donde se obtuvieron los valores de estos parámetros sin ningún tipo de manipulación o aplicación de tratamiento el pH con 6.60, turbidez con 139,9 NTU, color con 20.3 UC, aceites y grasas con 13,30 mg/L, temperatura 21,57 °C, DBO5 con 338.9, DQO con 825.4, coliformes fecales (termotolerantes) 110 000 000 NMP/100ml, dando a conocer que las aguas residuales domésticas de la quebrada Pucayacu poseen alto contenido de contaminantes, que sobrepasan en gran parte los Límites Máximos Permisibles, así mismo Coayla et al. (2018), evaluó las características de las aguas residuales (SST, DBO5, Ph, DQO) para demostrar un tratamiento eficiente de estas mediante filtros de plantas macrofitas; por otro lado Castro et al. (2017), analizó las características Fisicoquímicas y Microbiológicas iniciales de las Aguas Residuales Domésticas con el objetivo de conocer su concentración y aplicar un tratamiento con macrofitas.

Se evaluaron las características física química y microbiológica post tratamiento a los 10 y 15 días de las Aguas Residuales Domésticas en la quebrada Pucayacu; a los 10 y 15 días en el pH no se encuentra mayor variabilidad entre los tratamientos 1,2 y 3, y cada uno de estos se encuentran dentro los LMP establecidos para este tipo de agua residual; así mismo en la temperatura los tratamientos no muestran mayor variación entre ellos con valores entre 22°C y 23°C, recalcando que ninguno de estos sobrepasa los LMP; en DBO5 a los 10 días se pudo encontrar una diferencia muy significativa entre los tratamientos con solo plantas macrofitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 64,8 mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 49,7 mg/L y el tratamiento con *Pistia Stratiotes* + MM muestran un valor de 1007,3mg/L, sobrepasando a gran escala los LMP, a los 15 días la DBO5 mostró una diferencia muy significativa entre los tratamientos con solo plantas macrofitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 55.3mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 39.1 mg/L y el tratamiento con *Eichhornia Crassipes* + MM muestran un valor de

783mg/L, sobrepasando este último los LMP, también en DQO a los 10 días se pudo encontrar una diferencia significativa entre los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 121,7 mg/L, el tratamiento 2 con 94.9 mg/L y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 2882,8 mg/L, es decir que los tratamientos con macrófitas sin adición MM da resultados más óptimos; a los 15 días los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 121,7 mg/L, el tratamiento 2 con 94,9 mg/L y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 2882,9 mg/L.

Así mismo aceites y grasas a los 10 días se pudo encontrar una diferencia significativa entre los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 0,5 mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 3 mg/L y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 3,5 mg/L, indicando que los 3 tratamientos son eficientes para la reducción de aceites y grasas en aguas residuales domésticas, ya que ninguno sobre pasa los LMP; de igual manera los tratamientos con solo plantas macrófitas y los tratamientos con adición de microorganismos de montaña; el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 0,1 mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 2,1 mg/L y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 1,5 mg/L.

De igual forma los SST a los 10 días el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 62ml/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 28.8 mg/L y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 92.9 ml/L cada uno de los tratamientos se mostró eficiente para la reducción de SST, sin embargo, se resalta la diferencia entre los valores de los tratamientos con macrófitas y los tratamientos con adición de MM, así mismo a los 15 días se mostraron el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 43.5mg/L, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 15.6 mg/L y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 89 mg/L.

De igual manera el color a los 10 días muestra el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 19 UC, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 17 UC y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 18 UC, los valores iniciales bajaron

sin embargo aún se encuentran por encima de los LMP; así mismo a los 15 el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 18.5 UC, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 15 UC y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 20 UC.

Los coliformes fecales a los 10 días obtuvieron en el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 920 NMP/100mL, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 260 NMP/100mL y el tratamiento 3 con *Pistia Stratiotes* + MM con 54 000 NMPP/100MI; a los 15 días el tratamiento 1 con *Pistia Stratiotes* con 701 NMP/100mL, el tratamiento 2 con *Eichhornia Crassipes* con 189 NMP/100mL y el tratamiento 3 con *Eichhornia Crassipes* + MM con 53 800 NMPP/100MI, Mostrando diferencia significativa entre los tratamientos con solo macrofitas y los tratamientos con adición de MM, considerando a este último con concentraciones muy altas sobrepasando por mucho los LMP; al igual que Nocetti et al., (2020), mostró elevada eficiencia de remoción de nitratos, fósforo total, demanda química de oxígeno y nitrógeno total, la mayor eficiencia alcanzada fue con la *Canna glauca*. Concluyendo que la *Typha domingensis* y *Canna glauca* mostraron tolerancia elevada a los compuestos analizados, lo que permitió entender y demostrar el efecto de las macrófitas en el tratamiento de los vertimientos; por otro lado, Morales et al. (2019), obtuvieron resultados en el tratamiento MA-I: DQO en 59,58% y DBO 63,18%, para MB-2: DQO en 39,51% y DBO en 46,05% y en MC-3: la DQO 40,70% y DBO 49,47%. Concluyendo que las diferentes correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos, tamaño y altura de las macrófitas son negativas pero significantes, por lo que la absorción de materia orgánica depende del diámetro de hojas, más no del tamaño de la planta.

Se comparó la eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu; se pudo observar diferencias significativas en cuanto a los análisis iniciales a partir de de DBO5 y DQO, donde efectivamente los tratamientos con solo macrófitas mostraron resultados óptimos, al contrario de los tratamientos con adición de MM que resultaron con concentraciones más elevadas; en el caso de turbidez todos los tratamientos redujeron sus concentración, sin embargo a los 15 días se obtuvieron resultados más óptimos; así mismo para SST, se considera más eficientes los tratamientos

de 15 días ya que redujeron considerablemente la concentración inicial, con respecto a color no se encontró mayor variabilidad entre los días de tratamiento, pero se resalta al tratamiento T5 con 15 UC; y por último para coliformes fecales el resultado más óptimo se encontró en el tratamiento T5 dentro del periodo de 15 días, por lo que se demuestra que el tratamiento más eficiente es el tratamiento analizado en el periodo de 15 días, resaltando que los parámetros en su mayoría minimizaron sus concentraciones a mejores condiciones en el tratamiento T5 con *Eichhornia Crassipes*.

VI. CONCLUSIONES

Se analizaron las principales características Físicoquímicas y Microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu; donde efectivamente los parámetros tanto físicoquímicos como microbiológicos superaban los límites máximos permisibles a excepción de aceites y grasas con 13.30; DBO5 con 338.9, DQO con 825.4, turbidez con 139.9, SST con 188.6, color con 20.3 y coliformes fecales con 110 000 000; indicando concentraciones excesivamente altas, fuera de los LMP.

Se evaluaron las características física químicas y microbiológicas post tratamiento de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu a los 10 y 15 días, se obtuvieron resultados muy optimos en cuanto a los tratamientos que se aplicaron con solo plantas macrofitas, en el caso de los tratamientos que se adicionaron Microorganismos de montaña sufrieron algunas varianzas, es decir las concentraciones de algunos parámetros como DBO5, DQO y coliformes fecales se incrementaron con la presencia de los MM, sin embargo se considera que en su gran mayoría se logró reducir la presencia de estos agentes en las aguas residuales domésticas.

Se comparó la eficiencia de cada tratamiento aplicados a las Aguas Residuales Domésticas de la quebrada Pucayacu, dicha actividad se realizó para conocer cuál de los tres tratamientos aplicados muestra mejor resistencia ante las altas concentraciones de contaminantes para la reducción y eliminación de estos dentro de las aguas residuales industriales, encontrándose más eficientes los tratamientos con la *macrofita Eichhornia Crassipes*, en el tratamiento T5 de los días 10 y 15, siendo este último el más eficiente.

Se encontró que las plantas macrofitas muestran una capacidad más óptima al tratar aguas contaminadas sin ningún tipo de aditivo añadido por más ecológico que se considere como los microorganismos de montaña, descartando una capacidad optima de la mezcla de plantas macrofitas con MM, por lo que se concluye que el tratamiento de aguas residuales domesticas se debe realizar únicamente con macrofitas.

VII. RECOMENDACIONES

A las autoridades municipales y entes sancionadores tomar acciones más drásticas en cuanto a los vertimientos de estas aguas con altas concentraciones de contaminantes, tomar en cuenta estas zonas, realizar estudios más constantes para evitar o en todo caso reducir la existencia de este tipo de vertimiento ya que afectan la calidad de las aguas a gran escala.

A las poblaciones aledañas a cuerpos de aguas como lo es Pucayacu tomar conciencia para dar a sus aguas residuales una mejor disposición, hoy en día existen muchos métodos viables que incluso para tratar estas aguas antes de ser esparcidas a los cuerpos de agua, al realizar estas actividades contribuirán a mejorar no solo la calidad medio ambiental sino la condición de vida del resto de la población.

A los responsables de gestionar planes de manejo o técnicas para reducir la contaminación se les recomienda tomar en cuenta los tratamientos de este tipo, como la aplicación de sistemas de tratamiento mediante la aplicación de plantas macrofitas como la Pistia Stratiotes y Eichhornia Crassipes, siendo esta una de las opciones más viables y económicas para una depuración más óptima de contaminantes y patógenos que dañan la salud de la población y los ecosistemas acuáticos.

REFERENCIAS

- Abd Ellah, R. (2021). An extensive nationwide program for developing the Egyptian lakes, Lake Manzalah: From an ambiguous to a bright future. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 47, 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.11.002>.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. EPA. (2001); Guía del ciudadano para la fitorremediación. (línea 29-03-2022) <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/phyto-sp12-6.pdf>.
- Arias, S. A., Betancur, F. M., Gómez, G., Salazar, J. P. y Hernández, M. L. (2010), Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. <https://hdl.handle.net/11404/3250>.
- Arias, G. (2012), El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. 6ta edición Editorial Epísteme. https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION.
- Arocutipa, J. (2013). Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari-Sandia. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4516>.
- Castro, D. G., Cruz, Y. E. y Flores, M. E. (2017), Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales con macrófitas *Alocasia microrrhizos* (oreja de elefante) en la urbanización los Tulipanes – Chosica. DOI: <http://dx.doi.org/10.17162/rictd.v1i2.950>.
- Carreño, A., Lucas, L., Hurtado, E., Barrios, R. y Silva, R. (2020), Adecuación para consumo humano de propiedades físicas de aguas del río Carrizal Ecuador, a través de microorganismos eficientes y filtración con zeolita. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-06-09>.

Centeno, L. G., Quinteros, A. y López, F. L. (2019), Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales – Trujillo. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123>.

Coayla, Y. B., Ayca, F. J., Bedoya, E. y Huarhua, T. (2018), Fitorremediación de aguas residuales domésticas en Moquegua. <https://revistas.ujcm.edu.pe/index.php/rctd/article/viewFile/117/101>.

Kalema, J. and Chacón M. (2010), Organic Fertilizers and Bio-ferments. Uganda, Africa Occidental. 1(1):1-30. <https://gmln.com.au/wp-content/uploads/2018/10/MMbookletforsmallscalefarmersinAfrica.pdf>.

Davies, P. (2005). the biological basis of wastewater Treatment.

Decreto Supremo 023 MINAM. (2021), Aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-politica-nacional-del-ambient-decreto-supremo-n-023-2021-minam-1976351-2/>.

Decreto Supremo 003 MIANAM (2010), Aprueban Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o municipales. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>.

De La Mora, C. (2015), Eficiencia de un humedal artificial en serie para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas Jalisco: Folleto técnico n° 7 noviembre 2014. ISBN: 978-607-0325-3.

Delgadillo, A. E., González, C. A., Prieto, F., Villagómez, J. R. y Acebedo, O. (2011), Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. **versión Online** ISSN 1870-0462.

Díaz, T. C. y Collantes, L. (2019), Determinación de la efectividad del uso de microorganismos de montaña para el tratamiento de las aguas residuales in

vitro en el caserío de Chontamuyo – San Martín.
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1944/Tito_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Díaz, S. (2015), Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis técnico – económico- ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de súper pro Designer V6. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 55,56,58p.

Encinas, M. D. (2011), Medio ambiente y contaminación: Principios básicos. [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6#:~:text=Se%20entiende%20por%20contaminaci%C3%B3n%20la,lo%20que%20ha%20sido%20contaminado](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6#:~:text=Se%20entiende%20por%20contaminaci%C3%B3n%20la,lo%20que%20ha%20sido%20contaminado.). ISBN: 978-84-615-1145-7.

Ennabili, A. and Radoux, M. (2021), Does water flow type influences performances of reed based constructed wetland for wastewater treatment. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113986>.

Espinoza, E. E. (2018). La hipótesis en la investigación. *Mérida. Revista de Educación*, 16(1), 122-139. Recuperado en 23 de febrero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-76962018000100122&lng=es&tlng=es.

El Tiempo. (2019). *¿Quién regula los lavaderos de vehículos en Bogotá?* Recuperado de <https://www.eltiempo.com/bogota/quien-regula-los-lavaderos-de-carro-en-bogota-322934>.

Fernández, V. H. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor* TES, 4(3), 65-76. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>.

Flores A. (2015). Valoración Ecológica y Económica del Humedal de Villa María – Chimbote, Perú [Tesis para optar el título profesional de biólogo acuicultor,

Universidad Nacional del Santa]. Repositorio institucional digital de la Universidad del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2771>.

Garrido, J. A. (2015). Consumismo y medio ambiente. EL UNIVERSAL, <http://www.eluniversalqueretaro.mx/content/consumismo-y-medio-ambiente>.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014), Metodología de la investigación científica. 6ta edición. McGraw-Hill. México.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2011), Metodología de la investigación científica. 2da edición. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla – México.

Hernández, C. E. y Carpio, N. A. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Alerta, Revista científica Del Instituto Nacional De Salud*, 2(1 (enero-junio), 75–79. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. (2018). *Reporte del Estudio Nacional del Agua ENA 2018*. Bogotá, D. C. Recuperado de http://documentacion.ideam.ov.co/openbiblio/bvirtual/023846/Avance_ENA.pdf.

Jaramillo, A. y Paredes, J. J. (2019), Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucia – Morales. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1832/Ander_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Jiménez, L. A., Jahuira, F. A., e Ibáñez, V. (2016), *tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno – Perú con el uso de dos macrófitas*. *Revistas de Investigaciones Altoandinas*. versión On-line ISSN 2313-2957. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.232>.

- Jiménez, B. E. (2001) La Contaminación Ambiental en México. Causas, Efectos y Tecnología Apropriada. Limusa. México. 926 pp.
- Juárez, G. (2011), Cambios en la composición del lirio acuático *Eichhornia crassipes* debido a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica. Tesis, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, D.F.
- Kochi, L. Y., Freitas, P. L., Maranhão, L. T., Juneau, P. and Marcelo P. Gomes; M. P. (2020), Aquatic Macrophytes in Constructed Wetlands: A Fight against Water Pollution. Sustainability (Switzerland) 12(21):1–21. doi: 10.3390/su12219202. <https://doi.org/10.3390/su12219202>.
- Kotoula, D., Iliopoulou, A., Irakleous, E., Gatidou, G., Aloupi, M., Antonopoulou, P., Fountoulakis, M. S. and Stasinakis, A. S. (2020), Municipal wastewater treatment by combining in series microalgae *Chorella sorokiniana* and macrophyte *Lemna minor*: preliminary results. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122704>.
- Larios, J. F., Gonzales, C. y Morales, Y. (2015), Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL. ISSN 2311 – 7915 (versión impresa).
- Morales, E., Reyes, J., Quiñones, L. y Milla, M. (2019), Efecto del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la depuración del agua residual en el sector Santa Lucía-Chachapoyas. ISSN 1810-6781 Rev. Cienc. Tecnol. 15(4): 19 – 25.
- Nocetti, E., Maine, M. A., Hadad, H. R., Mufarreje, M. M., Di Luca, G. A. and Sánchez, G. C. (2020), Selection of macrophytes and substrates to be used in horizontal subsurface flow wetlands for the treatment of a cheese factory wastewater. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141100>.

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E & Villagómez, A. (2014), *Metodología de la investigación cualitativa – cualitativa y redacción de tesis*. Cuarta edición. Ediciones la U. Colombia. ISBN 978-958-762-188-4.

Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J. y Romero, H. E. (2018), *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: De U-Carrera 27, 2018. 978-958-762-876-0.

Pellizaro, A., Dal Ferro, N., Fant, M., Zerlottin, M. and Borin, M. (2021), Emerged Macrophytes to the rescue: Perfluoroalkyl acid removal from wastewater and spiked solutions. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114703>.

Prado, G. J. (2016), La moral y la ética: piedra angular en la enseñanza del derecho. Redalyc. ISSN: 1012-1587.

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, WWAP. (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017. Aguas residuales: el recurso desaprovechado. París.

Mohamed, A. (2022), Review on aquatic macrophytes in lake Manzala – Egypt. National Institute of Oceanography and Fisheries (NIOF), Egypt. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2022.02.002>.

Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E & Villagómez, A. (2014), *Metodología de la investigación cualitativa – cualitativa y redacción de tesis*. Cuarta edición. Ediciones la U. Colombia. ISBN 978-958-762-188-4.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO (2020), Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos. <https://es.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2020>.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Biblioteca Nacional Del Perú N° 2014-05991, 42. https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Tecnología, UNESCO. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los 76 Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales. El recurso desaprovechado. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647s.pdf>.

Panduro, A. L. y Rojas, J. (2021), Porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1679>.

Peña, C. (2001), Toxicología ambiental: evaluación de riesgos y restauración ambiental [en línea]. Estados Unidos, 1996-2001. Disponible en: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/c4-3-1-1.html> [Last update: 25 mar 2022].

Perales, K. L. (2018), Tratamiento de aguas residuales domésticas por fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en la zona rural del Caserío Santa Catalina – Moyobamba. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2734/AMBIENTAL%20%20Kelith%20Liliana%20Perales%20Vasquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Quispe, K. L., Guadalupe, N. K., Días, H. y Díaz, H. G. (2021), Utilización de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la ciudad de Pucallpa. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.491.

Rahman, M. d. E., Mohd Izuan E. B. H., Mohd Yusoff, B. A. S., Kamal Uddin, K. I. M, Mohd Yunus A. S., Siti Rozaimah S. A. and. Shamsuzzaman, S. M. (2020), Design, Operation and Optimization of Constructed Wetland for Removal of

Pollutant.” International Journal of Environmental Research and Public Health 17(22):1–40.doi:10.3390/ijerph17228339.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17228339>.

Resolución Ministerial 273 VIVIENDA (2013), Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. <http://sial.segat.gob.pe/normas/protocolo-monitoreo-calidad-efluentes-plantas-tratamiento-aguas#:~:text=El%20Protocolo%20de%20Monitoreo%20es,lo%20establecido%20en%20el%20Art%C3%ADculo>.

Rivera Ortiz, P., Rivera Larraga, J. E., Andrade E., Heyer L., De la Garza F. R. y Castro B. (2018). Bioestimulación y Biorremediación de recortes de perforación contaminados con hidrocarburos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 34 (2): 249-262. <https://doi.org/10.20937/RICA.2018.34.02.06>.

Robert, I., Donald, M., Weber, K., Padowski, J., Flörke, M., Schneider, CH., Gleeson, G., Eckman, S., Lehner, B., Balk, D., Boucher, T., Grill, G. and Montgomery, M. (2014), Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Search Science D global Environmental Change* v27, pages 96-105.

Rojas, M. Y. (2018), Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie *Vetiver (Chrysopogon zizanioides)* en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa Bajo–Chota. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25780/Rojas_DMY.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. SUNASS (2021), Informe 010 – 2021 SUNASS/DAP

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. SUNASS (2020), Informe 041-2020-SUNASS/DAN.

<https://www.sunass.gob.pe/wpcontent/uploads/2021/01/Informe-N.o-041-2020-SUNASS-DPN.pdf>.

Shaltout, K., El-Bana, M. and Galal, T. (2017). Coastal Lakes as hot spots for plant diversity in Egypt. *Egyptian Coastal Lakes and Wetlands: Part II – Climate Change and Biodiversity*, 72, 129–146. https://doi.org/10.1007/698_2017_80.

Sheahan, K. (2016). Las tres formas posibles de comprobar una hipótesis. *Revcontent Honored with Ad Age's Best Places to Work 2016*. Recuperado a partir de http://www.ehowenespanol.com/tres-formas-posibles-comprobar-hipotesis-info_295647/

Strady, E., Dinh, Q. T., Nemery, J., Nguyen, T. N., Guedron, S., Nguyen, N. S., Denis, H., Nguyen, P. D. (2017), Spatial variation and risk assessment of trace metals in water and sediment of the Mekong Delta. *Chemosphere* 179, 367–378. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.105>.

Símpalo, W. D., Miñan, G. S., Galarreta, G. I. y Castillo, W. E. (2020), caracterización de la contaminación de las aguas de los humedales de Villa María en el distrito de Nuevo Chimbote, Ancash – Perú. ISSN Edición Online: 2617-0639 <https://doi.org/10.47796/ves.v9i2.399>.

Singh, Sh., Karwadiya, J., Srivastava, S., Kumar Patra, P. and Venugopalan, V. P. (2021), Potential of indigenous plant species for phytoremediation of arsenic contaminated water and soil. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106476>.

Solís, R., López, G., Bautista, R. G., Hernández, J. R. y Romellón, M. J. (2016), Evaluación de humedales artificiales de flujo libre y subsuperficial en la remoción de contaminantes de aguas residuales utilizando diferentes especies de vegetación macrófitas. <https://www.proquest.com/docview/1759179388/A1D12AFAFB584B6APQ/6?accountid=37408>.

- Tamayo, C. y Silva, I. (2018), Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Departamento académico de metodología de investigación científica. <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentosacademicos/ciencias-de-la-educacion/22.pdf>.
- Tinto, J. A. (2013), *El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva*. Revista educativa [en línea]. 2013, enero-junio, Vol. 1 (29). [Fecha de consulta 11 de marzo del 2022]. ISSN: 1317-9535 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55530465007>.
- Torres, V. (2021), Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales facultativa, incorporando plantas acuáticas: Lechuga de agua (*Pistias stratiotes*) y Jacinto de agua (*Eichhornis crassipes*) para el distrito de Eten, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Umaña, S. (2017), Ingeniería ecológica: efecto del uso de microorganismos de montaña sobre el suelo con base en dos cultivos agrícolas. <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wpcontent/uploads/2017/06/Tesis-SтивенUmana.pdf>
- World Health Organization. WHO (2022), Consecuencias de la contaminación ambiental: Agua datos y cifras.
- Zahoor, R. Z., Gani, K. M., Zahid, A., Aalam, T., Kazmi, A. A. and Khalil, N. (2021), Comparative evaluation of the macrophytes in the constructed wetlands for the treatment of combined wastewater (greywater and septic tank effluent) in a sub-tropical region. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100265>.
- Zarza, L. F. (2022), ¿Qué es la contaminación del agua? <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>.

ANEXOS

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Dependiente: Contaminantes en aguas residuales domésticas.	El agua residual doméstica está formada de componentes físicos, químicos y biológicos, por lo general cuenta con una alta presencia de materiales orgánicos y en menor proporción de inorgánicos y alto nivel de turbidez, color. Estos pueden estar en suspensión o disueltos en el agua residual (Orozco, 2014).	Se determinará las características físicoquímicas y microbiológicas del agua residual doméstica.	Capacidad de fitorremediación	% de remoción	Intervalo
			Parámetros físicoquímicos	Aceites y grasas DBO DQO STS pH Temperatura Turbidez, color, olor	
			Parámetro microbiológico	Coliformes termotolerantes	
Independiente: Capacidad de fitorremediación con macrofitas y microorganismos de montaña	La fitorremediación es la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar contaminantes presentes en el agua, suelo y aire, ofreciendo ventajas en relación a los métodos físicoquímicos (Delgadillo, et al., 2011) los MM son empelados para producir biofertilizantes con el objeto de agilizar el proceso de metabolismo de la materia orgánica (Umaña, 2017).	La elección de las plantas macrófitas tiene que ser clave para el inicio de la fitorremediación, ya que estas plantas acuáticas deben acondicionarse a situaciones extremas (Rahman, et al., 2020)	Plantas macrófitas	<i>Eichhornia crassipes</i>	Intervalo
				<i>Pistia stratiotes</i>	
			Microorganismos de montaña	Bacterias Levaduras Micorrizas	

Cronograma de Actividades

Actividades	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<i>Idea y planteamiento del problema a investigar</i>	x	x	x	X																								
<i>Revisión bibliográfica</i>			x	X	x																							
<i>Elaboración de la realidad problemática, antecedentes y marco teórico</i>					x	x																						
<i>Planteamiento de la hipótesis y justificación</i>						x	x	x																				
<i>Presentación de los objetivos , tipo y diseño de investigación</i>								x	x	x																		
<i>Revisión del avance del proyecto</i>										x	x																	
<i>Variables y operacionalización</i>												x	x															
<i>Jornada de investigación</i>													x	x														
<i>Población y muestra</i>														x	x													
<i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos y métodos de análisis de datos</i>															x													
<i>Desarrollo de los aspectos éticos, recursos y presupuestos</i>																x												
<i>Revisión de avance</i>																	x											
<i>Toma de muestras y análisis de laboratorio</i>														x	x	x	x											
<i>Sistematización de resultados</i>																		x	x	x	x							
<i>Jornada de investigación</i>																									x	x	x	

Fuente: Elaboración del investigador, 2022



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

L: FOP-142
R: 01
E.V.: 2020-Feb-03

Datos del cliente

Razón Social: TuSan Ingenieros y Consultores SAC
 Persona de contacto: Dr. Andelozano Chung Correo / Teléfono: andelozanochung@gmail.com / 983960110
 Nombre del proyecto: Análisis de la capacidad de fitoremediación de contaminantes en aguas residuales domésticas utilizando macrofitos y microorganismos de montaña en la quebrada Pucayacu, San Ramón - 2022

Orden de servicio: OS-2022-2651 Pág. 01 de 01
 Plan de Monitoreo:
 Informe de ensayo: IE-22-11095 / ec-22-29883
 Procedencia o lugar de muestreo: Bello Horizonte

Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		PARAMETROS DE ENSAYO										PARAMETRO IN SITU			OBSERVACIONES					
			Muestreo	Clasificación		Ubicación		N° Frascos		Sólidos Totales	DBO	DQO	A y G	Cateales	Color	Turbididad	T° Mtra (°C)		pH (Unidad de pH)	CE (us/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)
				Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P															
1	ARB. Pucayacu - NT	33873	F: 30/06/22 H: 04:00 PM	AR	Doméstica	N: 9274667 E: 0352464	1	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓								
2			F: H:			N: E:																	
3			F: H:			N: E:																	
4			F: H:			N: E:																	
5			F: H:			N: E:																	
6			F: H:			N: E:																	
7			F: H:			N: E:																	
8			F: H:			N: E:																	

Descripción de equipos utilizados:

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Leyenda

F: Fecha N: Norte V: Vidrio T° Mtra: Temperatura de Muestra CE: Conductividad Eléctrica
 H: Hora E: Este P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxiceno

Muestreado por: Suley Indira Silva Sánchez Cliente:

Nombre: Suley Indira Silva Sánchez
 Fecha:
 Firma: [Firma]

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

GRUPO	SUB-GRUPO
AR: Aguas Residuales	SUBTERRANEA (Manantial - Tarma)
AR: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	RESIDA (Proble. Meta. Emvada)
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	WAF - SALDARES - SALICHERA
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	AGUA INYECCION Y REINYECCION
AR: Aguas de Proceso	CIRCULACION O ENFRIAMIENTO - AGUA DE CALDERAS
AR: Aguas de Proceso	ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LIXIVACION
AR: Aguas de Proceso	AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION

Muestreado por: ALAB Cliente

Observaciones / Comentarios



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

L: F-09-14.2
R: 01
LV: 2020-Feb-13

Datos del cliente		Orden de servicio: 05-2022-2657	Pág. 01 de 01
Razón Social: TUSAN Ingenieros Consultores SAC		Plan de Monitoreo:	
Persona de contacto: Andi Lozano Chung		Informe de ensayo: IE22-12893	
Nombre del proyecto: Fitorremediación con macrofitas y microorganismos de montaña para la reducción de contaminantes en las aguas residuales domésticas en la quebrada pucayocú, san Martín, 2022.		Procedencia o lugar de muestreo: Bello Horizonte	

Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		PARAMETROS DE ENSAYO											PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES
				Clasificación	Ubicación	N° Frascos		SST	DBO5	DBO	AY6	C.F	color	Turbidez	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (us/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)		
						Grupo	Sub-grupo													Coordenadas (UTM)	
1	AR1-pucayocú - mt	m-22-29294	F: 01-08-22 H: 04:00 pm	AR	Doméstico	N: 9274667 E: 352464	1	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
2	AR2-pucayocú - mt	m-22-29295	F: 01-08-22 H: 04:30 pm	AR	Doméstico	N: 9274667 E: 352464	1	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
3	AR3-pucayocú - mt	m-22-29296	F: 01-08-22 H: 05:00 pm	AR	Doméstico	N: 9274667 E: 352464	1	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
4			F: H:			N: E:															
5			F: H:			N: E:															
6			F: H:			N: E:															
7			F: H:			N: E:															
8			F: H:			N: E:															

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

Leyenda			
F: Fecha	N: Norte	V: Vidrio	T° Mtra: Temperatura de Muestra
H: Hora	E: Este	P: Plástico	T° Amb: Temperatura ambiente
Muestreado por: Sulay Silca Sanchez		Cliente:	
Nombre:			
Fecha:			
Firma:			

GRUPO	SUB-GRUPO
AN: Aguas Naturales	SUBTERRANEA (Manantial - Termal)
AR: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	PISCINA Y LAGUNA ARTIFICIAL BEBIDA (Pobale, Mesa, Emvasada)
AS: Aguas Salinas	SAR: SALINOSAS - SALINERAS AGUA INYECCION Y REINYECCION
AP: Aguas de Proceso	CIRCULACION D ENFRIAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LIXIVACION AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION



Observaciones / Comentarios	Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente
-----------------------------	---



FICHA DE DATOS DE CAMPO

CUENCA: _____

RESPONSABLE: _____

TU SAN INGENIEROS CONSULTORES

Punto de monitoreo	Descripción origen/ubicación	Localidad	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Altura	Fecha	Hora	pH	T	Observaciones
						Norte/Sur	Este/oeste	msnm			"C		

- (1) Las coordenadas del punto de control deberán ser expresadas en el sistema UTP para puntos en cuerpos de agua continental y en el sistema geográfico para puntos de monitoreo en el mar, ambos en estándar geodésico WGS84.
- (2) Para el caso de cuerpo lótico, indicar el caudal. Para el caso de cuerpo léntico o marino-costero, indicar la profundidad.
- (3) Las observaciones en campo se refieren, entre otros, a características atípicas tales como coloración anormal del agua, abundancia de algas o vegetación acuática, presencia de residuos, actividades humanas, presencia de animales y otros factores cuales identifiquen las características naturales del cuerpo de a

Firma del responsable del monitoreo

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES:

Título del proyecto: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña para la reducción de contaminantes en aguas residuales domesticas en la quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Autores del Instrumento: Silva Sánchez Sulay Indira, Ramírez Sabogal Anthony Renzo.

Experto: Mag. HENRRY GIOVANI JAVE CONCEPCIÓN – Agroecología mención gestión ambiental.

Instrumento: Ficha de registro de campo.

Instrucciones: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados y evaluar si es inaceptable, mínimamente aceptable o aceptable.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN

82.5

Tarapoto, 14 de junio 2022


 Henry Giovanni Jave Concepción
 BLGO. - MBLGO.
 C.B.P. 8983

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES:

Título del proyecto: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña para la reducción de contaminantes en aguas residuales domesticas en la quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Autores del Instrumento: Silva Sánchez Sulay Indira, Ramírez Sabogal Anthony Renzo.

Experto: Dr. ANDI LOZANO CHUNG – Calidad Ambiental.

Instrumento: Ficha de registro de campo.

Instrucciones: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados y evaluar si es inaceptable, mínimamente aceptable o aceptable.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN

83

Tarapoto, 14 de junio 2022



Dr. ANDI LOZANO CHUNG
INGENIERO AMBIENTAL
CUI 159414

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN
I. DATOS GENERALES:

Título del proyecto: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos de montaña para la reducción de contaminantes en aguas residuales domesticas en la quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.

Autores del Instrumento: Silva Sánchez Sulay Indira, Ramírez Sabogal Anthony Renzo.

Experto: Mag. EUGENIO HERRERA GONZALES – Evaluación de Impacto Ambiental.

Instrumento: Ficha de registro de campo.

Instrucciones: Determinar si el instrumento de medición reúne los indicadores mencionados y evaluar si es inaceptable, mínimamente aceptable o aceptable.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORIZACIÓN

84

Tarapoto, 14 de junio 2022



Ing. EUGENIO HERRERA GONZALES
INGENIERO AMBIENTAL
CIP N° 100164

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



Anexo 2: FICHA DE REGISTRO DE CAMPO

LUGAR DE ESTUDIO: _____ REALIZADO POR: _____

FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

tratamientos	Descripción	N° de monitoreo/Día	Fecha	Hora	pH	T	CE	Observaciones
						°C	mmho/cm	
T1								
T2								
T3								
T4								
T5								

Henry Giovanni Jave
 Henry Giovanni Jave Concepción
 BLGO. - MBLGO.
 C.B.P. 8963

Dr. Aldo Lozano Chung

 Dr. Aldo Lozano Chung
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP 199414

Ing. Eugenio Herrera Gonzales

 Ing. EUGENIO HERRERA GONZALEZ
 INGENIERO AMBIENTAL
 CIP N° 100164

experto	critero 1	critero 2	critero 3	critero 4	critero 5	critero 6	critero 7	critero 8	critero 9	critero 10	total
1	80	85	80	80	85	80	85	80	85	85	825
2	80	80	85	80	85	85	80	85	85	85	830
3	85	80	85	85	85	85	85	85	85	80	840
Total	245	245	250	245	255	250	250	250	255	250	2495
DESVEST.M	3	2.88675135	2.88675135	2.88675135	0	2.88675135	2.88675135	2.88675135	0	2.886751346	23.09401
VARIANZA	8.33333333	8.33333333	8.33333333	8.33333333	0	8.33333333	8.33333333	8.33333333	0	8.33333333	66.66666667

$$\alpha = \left(\frac{10}{10 - 1} \right) \left(1 - \frac{100}{533,14} \right) = (1.11) (0.90)$$

$$\alpha = 0.99$$

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION	POBLACION Y MUESTRA
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la capacidad de fitorremediación de las macrófitas y microorganismos de montaña en aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu, San Martin - 2022?, 	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> Evaluar la capacidad de fitorremediación de las macrófitas y microorganismos de montaña en aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Fitorremediación con macrófitas y microorganismos</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE: Contaminantes en aguas residuales domésticas</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION</p> <ul style="list-style-type: none"> Aplicada <p>ENFOQUE</p> <ul style="list-style-type: none"> Cuantitativo <p>DISEÑO DE INVESTIGACION</p> <ul style="list-style-type: none"> Experimental descriptivo 	<p>POBLACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> Está conformada por las aguas residuales domésticas del caserío La Unión que son dispuestas en la quebrada Pucayacu. <p>MUESTRA</p> <ul style="list-style-type: none"> 125 litros (0.125 m³) de aguas residuales domésticas dispuestas en la quebrada Pucayacu.
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</p> <p>PE1: ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu, 2022?</p> <p>PE2: ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiológicas post tratamiento de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu, 2022?</p> <p>PE3: ¿Cuál de los tratamientos de aguas residuales domésticas utilizando macrófitas y microorganismos de la quebrada Pucayacu, 2022, presenta mayor eficiencia?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <p>OE1: Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas iniciales de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu,</p> <p>OE2: Evaluar las características física químicas y microbiológicas post tratamiento de las aguas residuales domésticas en la quebrada Pucayacu.</p> <p>OE3: Comparar la eficiencia de cada tratamiento aplicados a las aguas residuales domésticas de la quebrada Pucayacu.</p>			

PANEL FOTOGRAFICO:

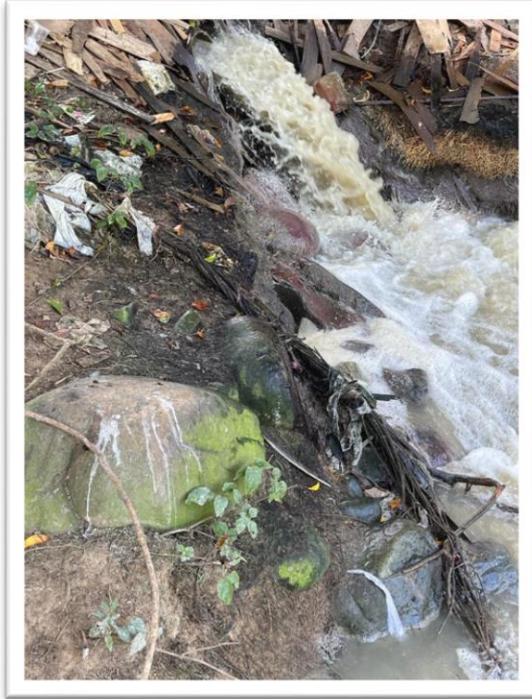


Imagen N° 01: Efluente de Agua Residual

Imagen N° 02: Recojo de muestras iniciales





Imagen N° 03: Llenando los estanques con las Aguas Residuales

Imagen N° 04: Colocar las 10 macrofitas por Estanque

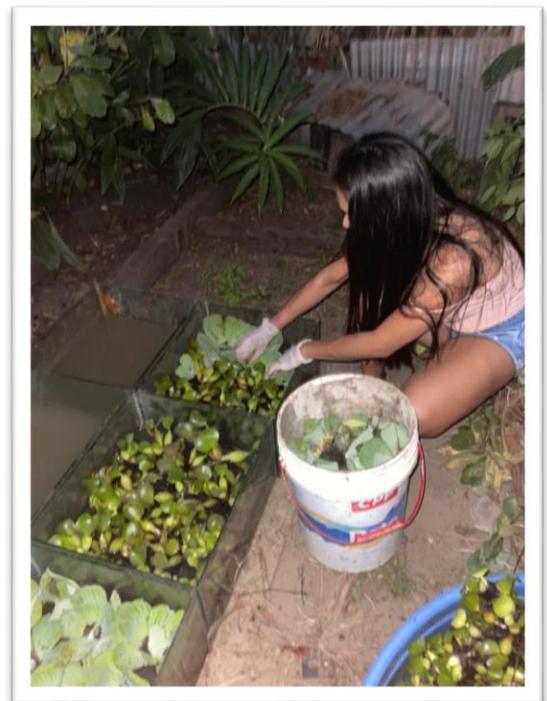




Imagen N° 05: Macrofitas colocadas es los Estanques

Imagen N° 06: Aplicando el MM en la Pistia Stratiotes

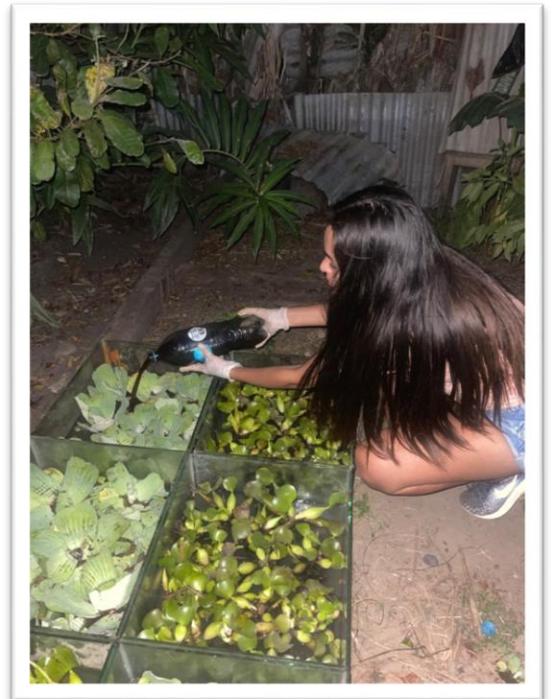




Imagen N° 07: Aplicando el MM en la *Eichhornia crassipes*

Imagen N° 08: Recogiendo las muestras de Aguas Residuales para enviar a Laboratorio.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 20:40 horas del 04/10/2022, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulada: "Fitorremediación con Macrófitas y Microorganismos de Montaña para la Reducción de Contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.", presentado por los autores RAMIREZ SABOGAL ANTHONY RENZO, SILVA SANCHEZ SULAY INDIRA estudiantes de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
ANTHONY RENZO RAMIREZ SABOGAL	Mayoría

Firmado electrónicamente por:
FSERNAQUEA el 21 Oct 2022 16:38:46

FERNANDO ANTONIO SERNAQUE
AUCCAHUASI
PRESIDENTE

Firmado electrónicamente por:
ERESPINOZAF el 18 Oct 2022 20:06:25

EDUARDO RONALD ESPINOZA
FARFAN
SECRETARIO

Firmado electrónicamente por: MTULLUMEC
el 19 Oct 2022 17:55:57

MILTON CESAR TULLUME CHAVESTA
VOCAL

Código documento Trilce: TRI - 0432873



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 20:40 horas del 04/10/2022, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulada: "Fitorremediación con Macrófitas y Microorganismos de Montaña para la Reducción de Contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.", presentado por los autores RAMIREZ SABOGAL ANTHONY RENZO, SILVA SANCHEZ SULAY INDIRA estudiantes de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
SULAY INDIRA SILVA SANCHEZ	Mayoría

Firmado electrónicamente por:
FSERNAQUEA el 21 Oct 2022 16:38:46

FERNANDO ANTONIO SERNAQUE
AUCCAHUASI
PRESIDENTE

Firmado electrónicamente por:
ERESPINOZAF el 18 Oct 2022 20:06:25

EDUARDO RONALD ESPINOZA
FARFAN
SECRETARIO

Firmado electrónicamente por: MTULLUMEC
el 19 Oct 2022 17:55:57

MILTON CESAR TULLUME CHAVESTA
VOCAL

Código documento Trilce: TRI - 0432873



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Nosotros, RAMIREZ SABOGAL ANTHONY RENZO, SILVA SANCHEZ SULAY INDIRA identificados con N° de Documentos N° 71730540, 74278209 (respectivamente), estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, autorizamos (X), no autorizamos () la divulgación y comunicación pública de nuestra Tesis: "Fitorremediación con Macrófitas y Microorganismos de Montaña para la Reducción de Contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022."

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según esta estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

--

MOYOBAMBA, 06 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
ANTHONY RENZO RAMIREZ SABOGAL DNI: 71730540 ORCID: 0000-0002-1388-6387	Firmado electrónicamente por: RAMANTHO12 el 06-10-2022 10:35:46
SULAY INDIRA SILVA SANCHEZ DNI: 74278209 ORCID: 0000-0001-7863-5506	Firmado electrónicamente por: SILSULAY11 el 06-10-2022 10:52:54

Código documento Trilce: TRI - 0432876



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MILTON CESAR TULLUME CHAVESTA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, asesor de Tesis titulada: "Fitorremediación con Macrófitas y Microorganismos de Montaña para la Reducción de Contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.", cuyos autores son RAMIREZ SABOGAL ANTHONY RENZO, SILVA SANCHEZ SULAY INDIRA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, 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 la 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.

MOYOBAMBA, 06 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MILTON CESAR TULLUME CHAVESTA DNI: 07482588 ORCID: 0000-0002-0432-2459	Firmado electrónicamente por: MTULLUMEC el 06- 10-2022 20:47:22

Código documento Trilce: TRI - 0432874



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, RAMIREZ SABOGAL ANTHONY RENZO, SILVA SANCHEZ SULAY INDIRA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Fitorremediación con Macrófitas y Microorganismos de Montaña para la Reducción de Contaminantes en Aguas Residuales Domésticas en la Quebrada Pucayacu, San Martín, 2022.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada 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 asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ANTHONY RENZO RAMIREZ SABOGAL DNI: 71730540 ORCID: 0000-0002-1388-6387	Firmado electrónicamente por: RAMANTHO12 el 06-10-2022 10:34:55
SULAY INDIRA SILVA SANCHEZ DNI: 74278209 ORCID: 0000-0001-7863-5506	Firmado electrónicamente por: SILSULAY11 el 06-10-2022 10:52:59

Código documento Trilce: TRI - 0432872