



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Del Aguila Barrera, Marco Antonio (ORCID: 0000-0003-3165-0148)

Saavedra Córdova, Yan Keller (ORCID: 0000-0003-2645-9058)

ASESOR:

Ing. Luis Ordóñez Sánchez (ORCID: 0000-0003-3860-4224)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Ante todo, agradecemos a Dios por permitirnos llegar a este peldaño de nuestras vidas, dándonos muchas fuerzas para salir adelante.

A nuestros padres quiénes siempre han estado incondicionalmente apoyándonos en todo nuestro proceso universitario.

A todas las personas que creyeron en nosotros brindándonos su sabiduría y consejos

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a nuestros padres por el apoyo incondicional, también a nuestro asesor el ing.- Ordònez Sánchez, por su dedicación y paciencia y también a la empresa TUSAN de la mano del Dr. Andi Lozano, por brindarnos con su apoyo incondicional en todo este proceso.

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
Índice de Contenidos	iii
Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. MÉTODOLÓGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización	9
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos	15
IV. RESULTADOS	16
Se obtienen los siguientes resultados:	16
5. CONCLUSIONES	37
6. RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS	39
ANEXOS	44

Índice de Tablas

Tabla 1: Aceites y grasas de aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.	16
Tabla 2: Demanda bioquímica de oxígeno de aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.	17
Tabla 3: Demanda química de oxígeno de aguas residuales industriales de palma aceitera.	17
Tabla 4: Sólidos totales en suspensión de aguas residuales industriales de palma aceitera.	18
Tabla 5: pH de las aguas residuales industriales de palma aceitera.	19
Tabla 6: Temperatura de las aguas residuales industriales de palma aceitera.	20
Tabla 7: Características de los estanques.	21
Tabla 8: Presupuesto para la elaboración de 6 estanques de 20 L cada uno con vidrio templado.	22
Tabla 9: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con <i>Pistia stratiotes</i>	22
Tabla 10: Tratamientos de remediación de DBO5 con <i>Pistia stratiotes</i>	23
Tabla 11: Tratamientos de remediación de DQO con <i>Pistia stratiotes</i>	24
Tabla 12: Tratamientos de remediación de SST con <i>Pistia stratiotes</i>	25
Tabla 13: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con <i>Eichhornia crassipes</i>	26
Tabla 14: Tratamientos de remediación de DBO5 con <i>Eichhornia crassipes</i>	27
Tabla 15: Tratamientos de remediación de DQO con <i>Eichhornia crassipes</i>	28
Tabla 16: Tratamientos de remediación de SST con <i>Eichhornia crassipes</i>	29
Tabla 17: Matriz DBCA para el pH.	30
Tabla 18: Resumen de promedios del pH	30
Tabla 19: Matriz DBCA para DBO5.	31
Tabla 20: Resumen de promedios de DBO5.	32
Tabla 21: Matriz DBCA para SST.	32
Tabla 22: Resumen de promedios de SST.	33
Tabla 23: Diferencias de medias T Student para los parámetros	33
Tabla 24: Operacionalización de variables.	45

Índice de Figuras

Figura 1: Aceites y grasas de aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.	16
Figura 2: Demanda bioquímica de oxígeno aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3: Demanda química de oxígeno de aguas residuales industriales de palma aceitera.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 4: Sólidos totales en suspensión de aguas residuales industriales de palma aceitera.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5: pH de las aguas residuales industriales de palma aceitera.....	19
Figura 6: Temperatura de las aguas residuales industriales de palma aceitera	20
Figura 7: Tratamientos de remediación de DBO5 con Pistia stratiotes.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8: Tratamientos de remediación de DQO con Pistia stratiotes	24
Figura 9: Tratamientos de remediación de SST con Pistia stratiotes	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con Eichhornia crassipes	¡Error! Marcador no definido.
Figura 11: Tratamientos de remediación de DBO5 con Eichhornia crassipes	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12: Tratamientos de remediación de DQO con Eichhornia crassipes .	¡Error! Marcador no definido.
Figura 13: Tratamientos de remediación de SST con Eichhornia crassipes...	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14: Mapa ubicación del lugar de estudio, planta industrial de producción de aceite de palma “Palmas de Shanusi”	49
Figura 15: Mapa de ubicación del área de recolección de la especie Pistia stratiotes.....	50
Figura 16: Mapa de ubicación del área de recolección de la especie Eichhornia crassipes...	51
Figura 17: Diseño 3D de los estanques	52

RESUMEN

La presente investigación titulada “Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021” tiene como objetivo evaluar la eficiencia de la fitorremediación de las dos especies que se seleccionaron; *Eichornia crassipes* y *Pistia stratiotes*. Este estudio pertenece a la categoría de aplicación porque en el procesamiento, se utilizaron técnicas de fitorremediación de plantas manipulando especies macrófitas en condiciones de ex situ; la población correspondió al agua residual industrial procedente de la extracción de aceite de palma, 200 m³ de agua residual que sería la población universal, de la cual se obtuvo una muestra de 95L de vertimientos de aguas residuales industriales; el tratamiento se ejecutó durante un período de 20 días, los parámetros de campo (temperatura y pH) se monitorearon cada 4 días; Los procesos se desarrollan en fases tanto en oficina para organizar la información y los datos, como en campo para el registro y la ejecución del proyecto. En conclusión, el uso de especies macrófitas en aguas residuales industriales es un tratamiento alternativo, se comprobó que la *Pistia stratiotes* con más del 85% de remoción es más eficiente que *Eichhornia crassipes* que solo presenta un 70% de manera grupal.

Palabras clave: remoción. Fitorremediación, aguas residuales, tratamiento, vertimiento.

ABSTRACT

The present research entitled "Phytoremediation capacity of macrophyte plants in industrial oil palm wastewater, Pongo de Caynarachi, 2021" has the general objective of evaluating the efficiency of the phytoremediation of the selected species that are the *Pistia stratiotes* and *Eichornia crassipes*. This study It belongs to the application category because in the processing, plant phytoremediation techniques were applied using macrophyte plant species under ex situ conditions; The population corresponded to Industrial wastewater from the extraction of palm oil in the San Martín region, 200 m³ of wastewater that would be the universal population, from which a sample of 95 liters of industrial oil wastewater discharges was obtained. Palm; the treatment was carried out during a period of 20 days, the field parameters (pH and temperature) were monitored every 4 days; The processes are developed in phases both in the office to organize the information and data, and in the field for the execution of the project. In conclusion, the use of macrophyte species in industrial wastewater if it is an alternative treatment, it was found that *Pistia stratiotes* with more than 85% removal is more efficient than *Eichhornia crassipes*, which only presents 70% in groups.

Keywords: removal. Phytoremediation, wastewater, treatment, dumping.

I. INTRODUCCIÓN

La expansión del cultivo de la palma aceitera en los últimos años se relaciona básicamente a dos agentes: la extensa posibilidad de emplear el aceite de palma, conocido así en el mercado internacional, más aún en las industrias farmacéuticas y alimenticias; según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (2017), la elaboración de aceite de palma a nivel mundial, de 33 millones de toneladas en 2004, en el 2016 pasó a 66 millones de toneladas, este cultivo es la causa más grande de la deforestación y falta ante los derechos de los indígenas y campesinos en Indonesia y Malasia que representan el 80% de la producción mundial, según el Informe de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2007). Tanto en Brasil como en México el incremento de la producción es sorprendente, llegando a 100.000 y 400.000 hectáreas. Los impactos ambientales son evidentes; Según, el reporte de Repórter Brasil (2010), la palmera exige numerosos agroquímicos para una cantidad conveniente de aceite, en la Amazonia, el clima lluvioso, trae graves consecuencias, ya que los efluentes de sus aguas residuales se desbordan y pueden llegar a causar contaminación en el suelo y fuentes de agua cercanas. Este cultivo se expande, tanto en el mundo como en el Perú. El año 2001 se publicó el plan nacional de palma aceitera 2000 - 2010 (MINAG, 2001) presentando como línea de base las circunstancias del cultivo del 2000. Las hectáreas sembradas en ese año eran 14,667. Según estimados de la oficina de estudios económicos y estadísticos - MINAGRI, en el 2008 existían ya 35.379 hectáreas, y lo que llegó a las 44.396 hectáreas y ya para el 2012 se estimó que existían 60,000 hectáreas de palma en el Perú (DGCA, 2012). En 2006, agencias del gobierno, representantes y consultores de empresas promovieron la entrada del Grupo Romero, hoy conocido como Grupo Palmas, a las regiones de San Martín y Loreto, como una supuesta alternativa significativa de desarrollo para las comunidades. Sin embargo, 15 años después, se comprobó que el “desarrollo” se convirtió en conflictos y destrucción para las comunidades; frente a esta situación, en junio de 2018, las comunidades afectadas por la Empresa Palmas del Shanusi S.A. y Palmas del Oriente S.A., realizaron un Foro en la ciudad de Yurimaguas, para visibilizar y denunciar los impactos al ambiente, a la economía y la salud en las zonas colindantes a los Valles del Huallaga, Caynarachi y

Shanusi, en las regiones de San Martín y Loreto. Los recursos hídricos son primordiales para la vida de los seres vivos y para el bien del entorno ambiental. Por eso, se considera el gran impacto negativo que causan los efluentes de aguas residuales industriales sobre las de aguas receptoras, que en su mayoría saturan su capacidad de autodepuración, resulta prioritario normalizar el control de la concentración de sustancias, elementos o parámetros químicos, físicos y biológicos, que son característico de estos vertimientos; por ello se plantea como **problema general**: ¿Cuál será la capacidad de fitorremediación de las macrófitas en las aguas industriales de palma aceitera Pongo de Caynarachi, 2021? Y como **problemas específicos**: ¿cuál es la concentración de los componentes industriales pre y post de palma aceitera Pongo de Caynarachi?, ¿Cuál es la propuesta de mitigación de la posible contaminación de aguas residuales industriales de palma aceitera Pongo de Caynarachi?, ¿Cuál es la capacidad fitorremediadora de las especies macrófitas de las aguas residuales industriales de palma aceitera Pongo de Caynarachi? Para disminuir la contaminación de los efluentes de aguas residuales industriales en de palma aceitera se planea realizar un tratamiento a través de fitorremediación, la cual es una opción interesante para la depuración de residuos contaminantes por sus costos accesibles, fácil acceso, y que se puede llegar a restablecer el equilibrio del ecosistema. Tiene la finalidad de aportar al manejo de las aguas residuales industriales específicamente las que se generan a partir de la producción del aceite de palma mediante una herramienta medioambiental tras estudio y conocimiento con datos específicos el nivel del impacto de estas aguas sobre otros medios acuáticos. En base a esto se puede conseguir diferente ventajas tanto sociales, ambientales y económicas.

Al desarrollar el presente proyecto se busca aportar de manera científica, a través del estudio de fitorremediación, buscando que este sirva como base para un manejo más adecuado de estas aguas y ser aplicadas en situaciones parecidas al estudio, así mismo resulta oportuno elaborar técnicas y métodos para la investigación, las cuales puedan ser utilizadas en otros lugares con especies propias de plantas macrófitas, de esta manera se podrá realizar comparaciones con especies de otras zonas, esperando ampliar los estudios con este método de remediación, logrando que las aguas residuales industriales generadas por la producción de aceite de palma no causen mayor perjuicio en

los componentes ambientales y los recursos naturales, por eso el **objetivo general** es evaluar la capacidad de fitorremediación de macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera – Pongo de Caynarachi, 2021, y los **objetivos específicos** son: a) Conocer la concentración de los componentes fisicoquímicos de las aguas residuales industriales de palma aceitera, b) Diseñar los estanques que se utilizaran para el tratamiento de aguas residuales industriales de palma aceitera, c) Comparar la capacidad fitorremediadora de cada especie empleada en el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa. Así mismo se plantea las siguientes **hipótesis**; **H0**: Las macrófitas no tienen la capacidad de fitorremediación de aguas residuales industriales en de palma aceitera, y **H1**: Las macrófitas si tienen la capacidad de fitorremediación de aguas residuales industriales en de palma aceitera.

II. MARCO TEÓRICO

Esta investigación se basa en una variedad de predecesores a nivel internacional, nacional y local, tal como CASTILLO, I. (2018), en su investigación titulada: "Alternativas de biorremediación en aguas residuales procedentes de la industria"; donde su objetivo principal fue eliminar la celulosa de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria papelera, caracterizó las aguas residuales procedentes de la PTARIP, concluyó que, las plantas macrófitas son trascendentales dentro de los cuerpos de agua pero que deben estudiadas más a profundidad como es el caso de la *Elodea sp.* La cual puede remover el mercurio de las concentraciones evaluadas mediante la absorción y así como también concentraciones muy altas presenta toxicidad. Así mismo, NIÑO I. y et al. (2018), en su investigación: "Fitorremediación de aguas residuales sin tratamiento previo, caso: Tierra Negra, Bayocá"; esta investigación se implementado mediante un proceso de fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales e institucionales generadas en la región de Tierra Negra y vertidas al arroyo "La Pinocha", el proceso de fitorremediación se diseñó en base a cuatro piscinas recubiertas con plástico, las plantas macrófitas empleadas en proceso fueron extraídas de piscinas de enfriamiento, realizaron la caracterización física y química de microorganismos que se encuentran en el agua residual, antes y después de este proceso de biorremediación; concluyeron que la eficiencia de la fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de estas aguas. De la misma manera, PEÑA E. y et al. (2013), en su investigación: "Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Hiliconia psittacorum* (Heliconiaceae)"; su objetivo fue evaluar el potencial fitorremediador de la *Heliconia psittacorum*, realizado el análisis partiendo de la evaluación de desempeño de distintas especies en estos sistemas naturales, concluyeron que esta especie muestra características adecuadas de aclimatación a los humedales y sus condiciones que se construyeron para el tratamiento de estas aguas en el país. Las características más notables, son la capacidad de suprimir DQO, DBO₅ y SST, mayor a 60% su capacidad de acumulación de metales pesados sin detrimento de sus propiedades fisiológicas,

su rápido y desarrollo. Por otro lado, KUTTY S. y et al. (2019), En su investigación titulada: “Adsorption kinetics of color removal from palm oil mill effluent using waste water sludge carbon in column studies”; donde su objetivo fue investigar la eliminación del color del efluente tratado de la planta de palma aceitera mediante estudios de adsorción, metodológicamente aplicaron dos modelos de adsorción (Adams-Bohart y Yoon-Nelson) empleando carbono derivado de lodos de aguas residuales (wsc). Los parámetros de columna determinados se pueden ampliar para el diseño de columna de lecho fijo. El uso de lodo, que es un material de desecho, como material adsorbente para la eliminación del color, fue probado en esta investigación y puede investigarse más a fondo para la eliminación de otros contaminantes. Así mismo PERALES K. (2017), en su investigación titulada: “Tratamiento de aguas residuales domésticas por fitorremediación con *Eichornia crassipes* en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017”, su objetivo fue, la determinación del aporte de la fitorremediación con *Eichornia crassipes* al tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas rurales del Caserío Santa Catalina, realizó un trabajo en conjunto con la población instalando pozas artificiales con un sistema de plantas flotantes en cada vivienda que constituía su muestra, con la finalidad de analizar DBO₅, DQO, pH y STS; obteniendo resultados superiores a lo esperado, demostrando que la especie aplicada para este tratamiento es eficiente en un intervalo del 85% al 95% de acuerdo a su capacidad de eliminación y remoción, concluyendo que la *Eichornia crassipes*, es una alternativa ideal para este propósito. Además, este proyecto de investigación estará respaldado por teorías relacionadas a las aguas residuales industriales, que según Carrera (2019) son muy heterogéneas y sus características varían mucho según el sector industrial que las produce. Además, el nivel de depuración de las aguas residuales industriales no es homogéneo en todo el mundo; Mientras que en los países desarrollados se ha avanzado mucho en el reutilización y tratamiento de este tipo de aguas, en los países en vías de desarrollo, el tratamiento de estas aguas es bastante inferior. Este problema se aumenta cuando el proceso industrial es realizado por pequeñas y medianas empresas (PYMES) que cuentan con menos recursos económicos para afrontar la correcta depuración de sus aguas residuales. El color en aguas residuales industriales ayuda a reconocer la procedencia de estas, así como el estado del proceso de los tratamientos. Entre

los residuos industriales de color fuerte están los de la industria de pulpa de papel y los colorantes de textiles. Los olores son debido a producción de gases que se da por la descomposición orgánica. El agua residual nueva tiene un olor particular no tan agradable. Las aguas residuales industriales contienen hasta 17 compuestos odoríferos, o que son capaces de producir olores durante el tratamiento (Romero, 1999). La extracción de aceite crudo de palma genera impactos ambientales a nivel de suelo, agua, aire. (Campbell, 2013 p. 62). El proceso de extracción de este aceite reside en el aprovechamiento de la fruta en cilindros calentados por vapor, para luego pasar a un proceso de prensado donde el aceite bruto es extraído produciendo una mezcla líquida llamada licor de prensa. El cual es dirigido a un tamizador para separar la basura del líquido y pasar a un clarificador. En el clarificador se separa el aceite por densidades diferentes y el producto clarificado se traslada a un proceso de secado. Para no perder el aceite restante, la parte acuosa se lleva a centrifugas, proceso que genera agua residual y debe ser pasada a la planta de tratamiento. Al término de la producción se forma un agua residual llamada como POME, la cual presenta: un alto contenido de material orgánico medido en términos de DQO cerca de los 50 000 mg L⁻¹, la temperatura entre 90-80°C, pH de 4.7 (ácido), sólidos totales, con valores de 40 500 mg L⁻¹, 4 000 mg L⁻¹ de grasas y aceites, (Rupani, 2011 p.70). La concentración de materia orgánica elevada restringe el pase de oxígeno para los organismos existentes en los medios acuáticos, pues durante la oxidación de la materia orgánica, los microorganismos consumen el oxígeno que contiene en el agua (Mujeriego, 2001). Las características habituales de los efluentes de la máquina de extracción de aceite de palma africana son: temperatura elevada, pH bajo, alta carga orgánica medida como DQO (alto porcentaje de biodegradabilidad), alta carga de sólidos suspendidos y grasas y aceites (Cenipalma, 1996). Los factores intervinientes en el proceso son: la concentración de nitratos, concentración de la fuente de carbono orgánico, oxígeno disuelto, potencial de óxido-reducción y pH y temperatura, (Mujeriego, 2001) El pH puede influir en la formación de productos al estar en un rango de 4 a 9.5. Se produce óxido nítrico en condiciones de pH ácida y por encima de 7 se produce óxido nitroso que se reduce inmediatamente a nitrógeno gaseoso (Lolmede, 2000 p. 243). En consecuencia, se aplicaron parámetros básicos como el pH, que se utiliza para medir la alcalinidad o acidez de las sustancias,

por lo que se requieren resultados específicos, y también forman parte de este grupo los sólidos totales en suspensión, definidos como un sólido disuelto o suspendido en un líquido. ; También se tendrán en cuenta parámetros orgánicos como la DQO - demanda química de oxígeno, según American Public Health Associationes, (APHA) (2012, p.12) Se trata de un método que "determina la cantidad de oxígeno necesaria para la supervivencia de la materia orgánica oxidada en una muestra de agua, en función de las condiciones oxidantes específicas, el tiempo y la temperatura" y la demanda bioquímica de oxígeno. (DBO5), es una prueba que se utiliza para determinar los requisitos de oxígeno para la descomposición bioquímica de materia orgánica en aguas industriales, aguas residuales y aguas públicas municipales. La fitorremediación significa una tecnología alterna, sostenible para restaurar efluentes y ambientes contaminados. Hay varios procesos de biotecnología para limpiar distintos contaminantes. Básicamente implica la destrucción o desvío de materiales contaminantes para reducir su nivel de peligrosidad o prevenirlos por completo. Todos los procesos de biorremediación utilizan la degradabilidad de los microorganismos del suelo y, en algunos casos, la capacidad de limpiar las plantas. La fitorremediación se puede definir como una tecnología sostenible para reducir la concentración in situ o riesgo que tienen los contaminantes inorgánicos y orgánicos de aire, agua, sedimentos y suelos de los procesos bioquímicos llevados a cabo por plantas y microorganismos que conducen a una amplia variedad de métodos de asimilación, descomposición y metabolismo de metales pesados, compuestos radiactivos, compuestos orgánicos y derivados del petróleo, teniendo la capacidad bioquímica y fisiológica de retener, absorber, reducir , transformarlo, evaporarlo, estabilizarlo o Mineralizarlo o descomponerlo de forma menos tóxica. Las aguas residuales se generan a partir de instalaciones residenciales, institucionales, comerciales e industriales. (Qlynn y Heinke, 1999). El Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), "Es una planta maciza que tiene raíces filiformes sumergidas, adaptada a diferentes climas, con flores de color púrpura azulado. Crece rápido y aparte de que un árbol es capaz de producir más de 60.000 plántulas y puede alcanzar una altura de 0,5 a 1,5 metros, es una de las plantas de más rápido crecimiento en el planeta. Esto le permite extenderse y adaptarse en muchos lugares." (Romero Jairo, 2002, p. 2). El jacinto de agua puede eliminar una serie de Los compuestos orgánicos, como los fenoles, los

ácidos fórmicos, los tintes y los pesticidas, también reducen la DBO, la DQO y el contenido de sólidos en suspensión. También se han observado bacterias débiles en las aguas residuales, que pueden convertir la biomasa en una fuente de contaminación, si este fuera el caso debe recolectarse cuidadosamente. (Benítez, 2008). La Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), Es una planta de agua y vascular, parecida a la coliflor (de ahí el nombre común), más conocida como lechuguin, originaria de Sudamérica. Sus hábitats son pantanos, lagos, canales, ríos y arrozales, y en ocasiones crece en parques acuáticos, fuentes y estanques artificiales. (Bolaños, Casas y Aguirre, 2008).

III. MÉTODOLÓGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

Esta investigación fue de tipo aplicada, ya que se aplicaron procesos de fitorremediación en las aguas residuales industriales de aceite de palma mediante estas técnicas, empleando especies macrófitas en circunstancias de ex situ.

Según el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación Tecnológica (2018, p.7), La investigación aplicada tiene como objetivo aclarar a través del conocimiento y los medios científicos, si: técnicas, metodologías y protocolos mediante los cuales se puedan satisfacer e identificar necesidades específicas.

3.1.2. Diseño de investigación:

Este estudio se realizó con un diseño cuasi-experimental en el que se evaluó la capacidad de fitorremediación de las aguas residuales industriales de aceite de palma mediante pruebas de campo, es decir, un grupo experimental, y este será analizado antes y después del tratamiento.

Hernández, Fernández y Baptista (2015, p.151) indican que: “El método cuasi-experimental es particularmente ventajoso para estudiar inconvenientes en los que no tienes un control total sobre las situaciones, pero en los que intentas mantener el mayor control posible. Es decir, este método se utiliza cuando es difícil clasificar aleatoriamente a los sujetos que participarán en dicho estudio”.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Variable independiente: Aguas residuales de palma aceitera.

Variable dependiente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas.

3.2.2. Operacionalización

a) **Variable independiente:** Aguas residuales de palma aceitera.

Definición conceptual: La fitorremediación se define como la aplicación de plantas para, destruir, eliminar o transformar contaminantes del agua, suelo y aire (Zhi-Xin *et al.*, 2007; Panich-Pat *et al.*, 2010).

Definición operacional: Se realizará un monitoreo periódico de los parámetros de campo, también se aplicará un análisis en los tratamientos según un diseño de bloques completamente al azar; por último, se realizará una comparación de ambas especies mediante T student.

Dimensiones:

Absorción / Eficiencia de remoción

Indicadores: Eficiencia de remoción

Escala de medición: Porcentaje de remoción

b) Variable dependiente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas.

Definición conceptual: Los efluentes líquidos de una planta que procesa aceite de palma, consisten en lo siguiente: lodo de la clarificación, el agua resultante de la condensación del vapor que se utiliza para esterilizar los racimos, o los líquidos que quedan después de que los racimos fueron procesados y se han separado y extraído los aceites (FEDEPALMA, 2000).

Definición operacional: Las aguas residuales de palma aceitera se medirán de acuerdo a los métodos establecidos por el APHA, para los parámetros: **STS** = SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed. 2012, **DQO**=SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017, **DBO₅** = SMEWW-APHA AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. **Aceite y grasas**= SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23rd Ed 2017.

Dimensiones:

Parámetros físicos / Parámetros químicos

Indicadores: pH, STS, DBO₅, DQO, Aceites y grasas.

Escala de medición: unidades de pH, mg/L, UC.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

El agua residual industrial procedente de la extracción de aceite de palma en la región San Martín, cuya producción aproximada es 200 toneladas de racimo de palma por día y la relación de agua es 1m³ por cada tonelada; por lo cual se estaría generando alrededor de unos 200 m³ de agua residual que sería la población universal.

La población es el “grupo total de objetos, individuos o medidas que poseen ciertas características comunes visibles en un lugar y en un momento específico” (Wigodski, 2010, p. 10).

Criterio de inclusión:

- Vertimiento de aguas residuales industriales, luego del proceso de producción.

Criterio de exclusión:

- No se tomaron en consideración las aguas residuales industriales que entran al proceso de tratamiento de palma aceitera.

3.3.2. Muestra:

La muestra estuvo conformada por 95 litros de vertimientos de aguas residuales industriales de aceite de palma; de las cuales, 90 fueron distribuidas en los estagues, y 5 litros adicionales se consideraron como muestra inicial, es decir previo al tratamiento.

“Es muy necesario para la persona investigadora ya que no es imposible entrevistar a cada persona miembro de una población por razones de tiempo, recursos y esfuerzo. Al optar por una muestra lo que se hace es evaluar un subconjunto de la población” (Suazo, 2015, p.6).

3.3.3. Muestreo:

El muestreo que se aplicó fue el no probabilístico por conveniencia, es decir, que el tamaño de la muestra dependió exclusivamente de los investigadores, siendo esta representativa, de las aguas residuales industriales que se generan en de palma aceitera, Pongo de Caynarachi.

“En ocasiones, por distintos motivos, se realizan muestreos que no están basados en criterios probabilísticos. En tales casos se busca representar la población tomando en cuenta las restricciones que aplica la economía y la posibilidad del muestreo”. (Tamayo, 2014. p. 6)

Unidad de análisis:

Aguas residuales industriales.

"La unidad de análisis define el tipo de objeto social al que hacen referencia las propiedades. Esta unidad se consigue según el tiempo y el espacio, concretando la población referencial de investigación" (Corbetta, 2003, P.87)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos:

Las técnicas que serán aplicadas en el estudio son

- la observación directa
- la descripción

De esta forma se registraron las variaciones y las observaciones que se presentaron en el transcurso de la ejecución, así como también las situaciones que se puedan presentar antes y después del tratamiento.

Las técnicas se traducen en los resultados de la investigación, los datos específicos y la naturaleza práctica y operativa. A pesar de que el método y la técnica están estrechamente relacionados, no están identificados, ya que ambos son complementarios y necesarios en la investigación. (abril, 2008).

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos:

Para registrar los datos de los trabajos de campo se utilizó:

- Ficha de registro de campo; desde de la observación directa en el lugar de investigación, se obtuvieron datos e información precisos que permitirán identificar características de la producción como las de las aguas residuales industriales que se generan.

- Cadena de custodia, fue concedida por el laboratorio, donde se especificarán la toma de muestras, conservación y rotulación para el análisis respectivo.

Sirven para recopilar datos de averiguación. De la misma forma, “el autor afirma que un instrumento de manejo adecuado, el registro de datos observables, la forma que realmente representa las variables que el investigador tiene con un objeto”. (Hernández, 2015. p3).

3.4.3. Validación

La validación del instrumento de recolección de datos, como la ficha de registro para campo fue realizada por expertos en investigación y especialistas de la materia, mediante una ficha de validación de instrumentos.

“La validez está representada por la posibilidad de que un método de investigación responda de manera eficiente a las interrogantes formuladas” (Rusque, 2003, p.134).

3.5. Procedimientos

Etapas 1: Gabinete inicial

- Se solicitó autorización debida a de palma aceitera para realizar la investigación.
- Se realizó una evaluación teórica a distintas plantas macrófitas para que posteriormente sean seleccionadas de acuerdo a su capacidad, potencial y sobre todo su producción dentro de la región.
- Se realizó el diseño de los estanques en el software AUTOCAD 2019.
- Se ha fijado un supuesto del costo del laboratorio para las analizar de muestras de aguas residuales industriales. (STS, DBO5, DQO, aceites y grasas).

Etapas 2: Campo

- Para la ejecución del proyecto, se reconocieron los puntos de muestreo en función al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos, donde se empleará la ficha decampo y donde se

describen las características de la planificación de seguimiento y monitoreo.

- Se acondicionó un espacio adecuado a las condiciones necesarias para el tratamiento ex situ.
- Se procedió con la elaboración de los estanques con las dimensiones de 45cm largo x 40 cm ancho x 25cm profundidad, luego fueron ubicados en el espacio acondicionado.



- Se determinó la cantidad de plantas que se utilizaran en cada estanque según el tamaño y capacidad del mismo, ya que según estudios previos las plantas son más eficientes a partir de grupos de 10.
- Luego se recolectaron las especies macrófitas.



- Se procedió a limpiar las raíces de cada macrófitas con la finalidad de remover cualquier impureza, así mismo las plantas serán aclimatadas por un periodo de 10 días de esta manera no perderán sus funciones naturales.



- Pasada la aclimatación, se recolectaron las muestras de las aguas residuales industriales para ser trasladadas al lugar acondicionado previamente.
- Así mismo se procedió a la toma de la muestra in situ para ser enviada al laboratorio y conocer la situación de las aguas industriales previo al tratamiento.
- Posteriormente se empezó el tratamiento de las aguas que duró un periodo de 20 días,
- Se realizaron monitoreos de los parámetros de campo cada 4 días.



- Luego se realizó la toma de muestras de las aguas residuales post tratamiento para su envío a laboratorio.

3.6. Método de análisis de datos

Los valores que se obtuvieron en laboratorio y campo serán tabulados en el IBM SPSS 25, también se utilizaron tablas y gráficos donde se muestran los avances y progresión del tratamiento, además se realizó un análisis de varianza para poder comparar los resultados de cada tratamiento.

IV. RESULTADOS

Se obtienen los siguientes resultados:

La concentración de los componentes fisicoquímicos de las aguas residuales industriales de palma aceitera.

4.1.- La concentración de aceites y grasas en las aguas residuales industriales de palma aceitera de Indupalsa SA (Pongo de Caynarachi), pre tratamiento, es de 5,6 mg/L (tabla 1 y figura 1).

Tabla 1: Aceites y grasas de aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.

Muestra de aguas residuales mg/L	LMP - mg/L
0 días	
T0	10

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.2.- Las aguas residuales industriales de palma aceitera que son vertidas en el cuerpo receptor tienen 44 % menos de aceites y grasas por debajo del LMP (10 mg/L).

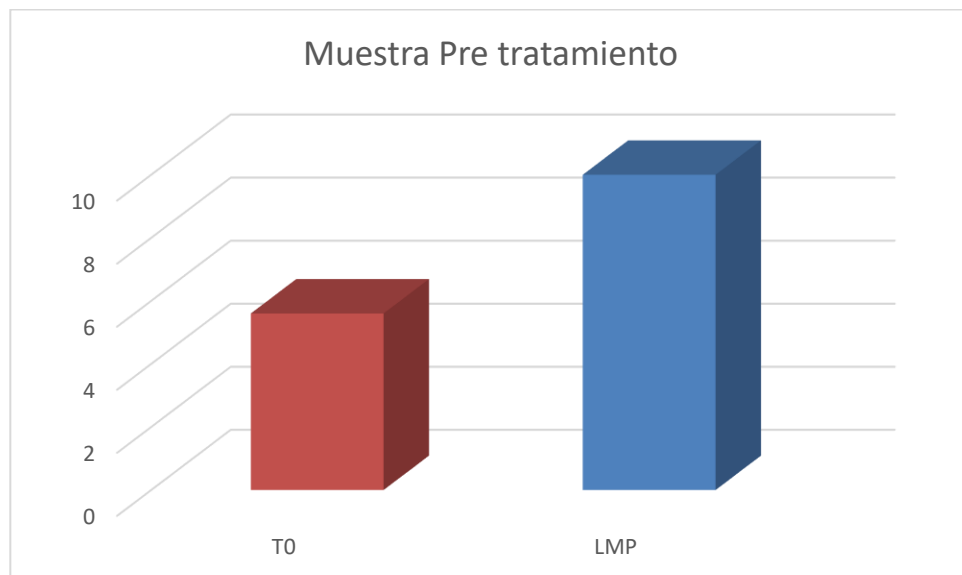


Figura 1: Aceites y grasas de aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.

4.3.-La demanda bioquímica de oxígeno en las aguas residuales industriales de palma aceitera de Indupalsa SA (Pongo de Caynarachi), pre tratamiento, es de 62 250 mg/L (tabla 2 y figura 2).

Tabla 2: Demanda bioquímica de oxígeno de aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.

Muestra de aguas residuales mg/L		LMP - mg/L
0 días		
T0	62 250,0	50

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.4.-Las aguas residuales industriales de palma aceitera que son vertidas en el cuerpo receptor tienen 124400 % de DBO5 por encima del LMP (50 mg/L).

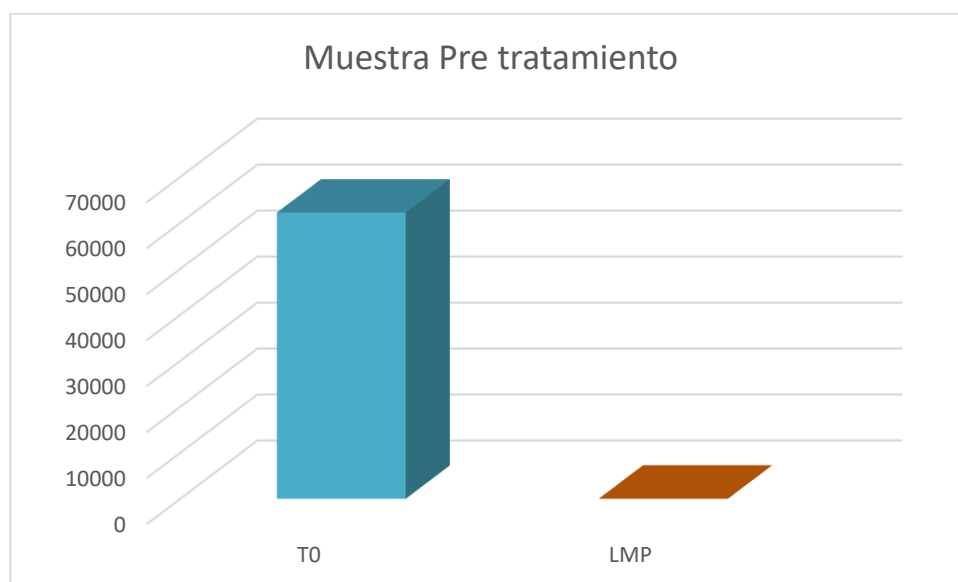


Figura 2: Demanda bioquímica de oxígeno aguas residuales industriales de palma aceitera pre tratamiento.

4.5.-La demanda química de oxígeno en las aguas residuales industriales de palma aceitera de Indupalsa SA (Pongo de Caynarachi), pre tratamiento, es de 159 379,1 mg/L (tabla 3 y figura 3).

Tabla 3: Demanda química de oxígeno de aguas residuales industriales

de palma aceitera.

Muestra de aguas residuales mg O ₂ /L		LMP - mg O ₂ /L
0 días		
T0	159 379,1	250

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.6.- Las aguas residuales industriales de palma aceitera que se vierten en el cuerpo receptor contienen 63651.64 % más de DQO.

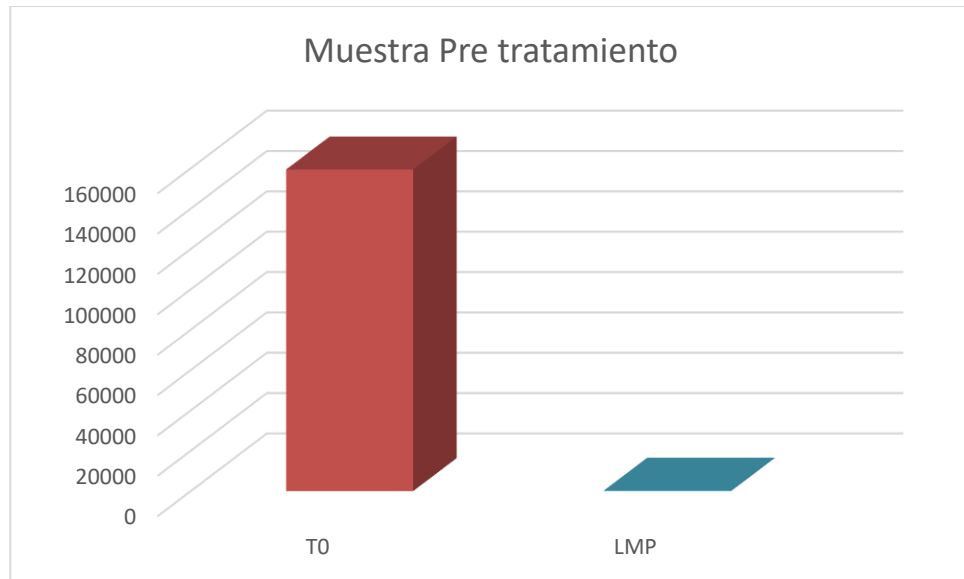


Figura 3: Demanda química de oxígeno de aguas residuales industriales de palma aceitera.

4.7.- Los sólidos totales en suspensión en las aguas residuales industriales de palma aceitera de Indupalsa SA (Pongo de Caynarachi), pre tratamiento, son de 1 915 ml/L (tabla 4 y figura 4).

Tabla 4: Sólidos totales en suspensión de aguas residuales industriales de palma aceitera.

Tratamiento de aguas residuales ml/L		LMP - ml/L
0 días		
T0	4060	50

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.8.- Las aguas residuales industriales de palma aceitera que se vierten en el cuerpo receptor contienen 3730 % más que el LMP de SST.

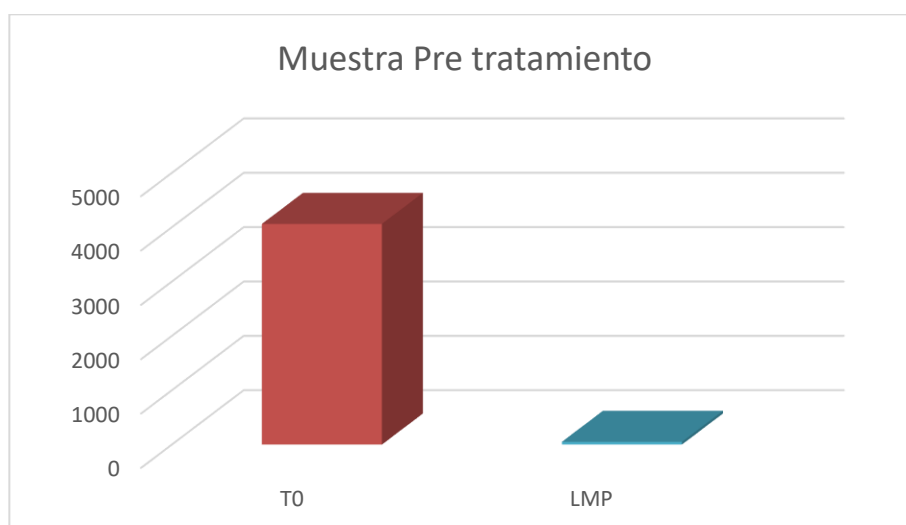


Figura 4: Sólidos totales en suspensión de aguas residuales industriales de palma aceitera.

4.9.- El pH en las aguas residuales industriales de palma aceitera de Indupalsa SA (Pongo de Caynarachi), pre tratamiento, es de 7,2 (tabla 5 y figura 5).

Tabla 5: pH de las aguas residuales industriales de palma aceitera.

Muestra de aguas residuales Unidad		LMP - Unidad
0 días		
T0	7,2	6 – 9

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.10.- Las aguas residuales industriales de palma aceitera que se vierten en el cuerpo receptor presentan un pH neutral.

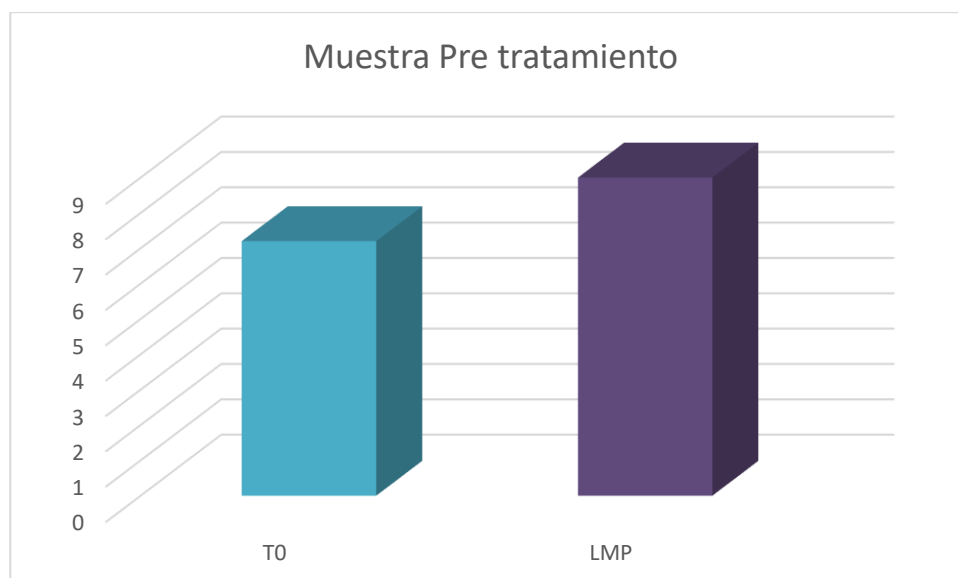


Figura 5: pH de las aguas residuales industriales de palma aceitera.

4.11.- La temperatura en las aguas residuales industriales de palma aceitera de Indupalsa SA (Pongo de Caynarachi), pre tratamiento, es de 27 °C (tabla 6 y figura 6).

Tabla 6: Temperatura de las aguas residuales industriales de palma aceitera

Muestra de aguas residuales Unidad		LMP - °C
0 días		
T0	27	<35

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.12.- Las aguas residuales industriales de palma aceitera que se vierten en el cuerpo receptor, presentan una temperatura de 22.85 % menor que el LMP.

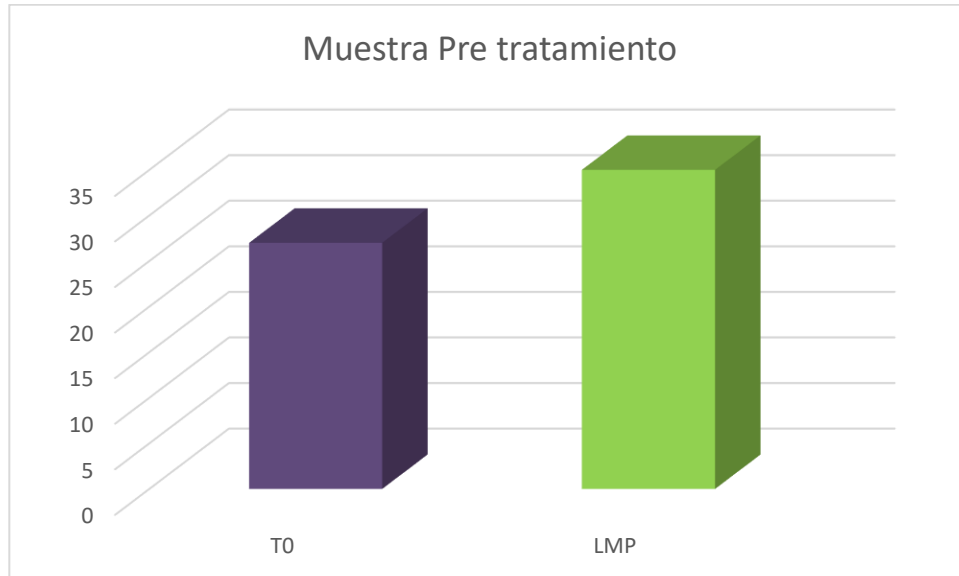


Figura 6: Temperatura de las aguas residuales industriales de palma aceitera.

Diseño de estanques pilotos que se emplearon para el tratamiento de aguas residuales industriales de palma aceitera.

4.13.-Los estanques para los tratamientos fueron confeccionados con vidrio, a dimensiones de largo 40 cm; ancho 30 cm y altura 25 cm. Cada estanque tiene la capacidad de 20 L y se sembraron 20 especies fitorremediadoras El precio de confección de cada estanque es de S/.63,33. (tabla 7).

Tabla 7: Características de los estanques.

Especie	Tratamiento	Dimensiones (cm)	Cantidad (V)
<i>Eichhornia crassipes</i>	1	45 cm L x 40 cm a x 25 cm h	20 L
	2		
	3		
<i>Pistia stratiotes</i>	1		
	2		
	3		

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.14.- Los estanques se diseñaron para cada tratamiento en base a las dimensiones de 45 cm de largo x 40 cm de ancho x 25 cm de ancho, el volumen de agua utilizado fue de 20 litros.

Tabla 8: Presupuesto para la elaboración de 6 estanques de 20 L cada uno con vidrio templado.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Materiales				104
Vidrio templado	Global	6	10.67	64
Silicona	Unidad	2	20	40
Mano de obra	Unidad	6	46	276
Total				380
Precio por estanque				63.3

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.15.- El presupuesto por estanque de 20 L con vidrio templado es de S/.63,3.

Comparar la capacidad fitorremediadora de cada especie empleada en el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa.

4.16.-La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Pistia stratiotes*, a los 20 días de tratamiento, es de 2,9 mg/L, variando de 1,9 a 4 mg/L (tabla 9 y figura 7).

Tabla 9: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con *Pistia stratiotes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
2.8	4	1.9	5.6	10	2.9

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.17.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado los aceites y grasas de aguas residuales, en 20 días, el 48 % del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a 71 % por debajo del LMP.

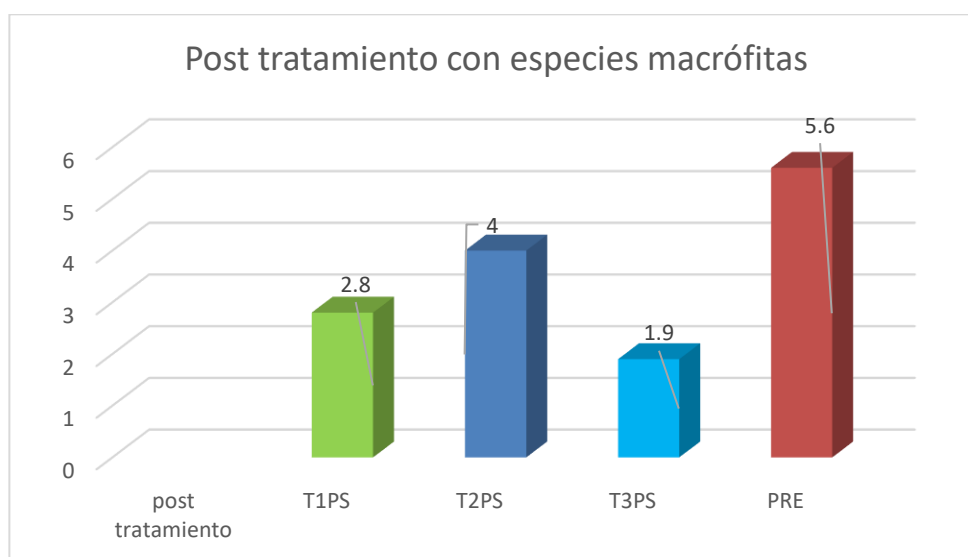


Figura 7: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con *Pistia stratiotes*

4.18.-La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Pistia stratiotes*, a los 20 días de tratamiento, es de 10675 mg/L, variando de 9675 a 11675 mg/L (tabla 10 y figura 8).

Tabla 10: Tratamientos de remediación de DBO5 con *Pistia stratiotes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
9675	10675	11675	62250	50	10675

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.19.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la DBO5 de aguas residuales, en 20 días, el 83% del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a -21250 % por encima del LMP.

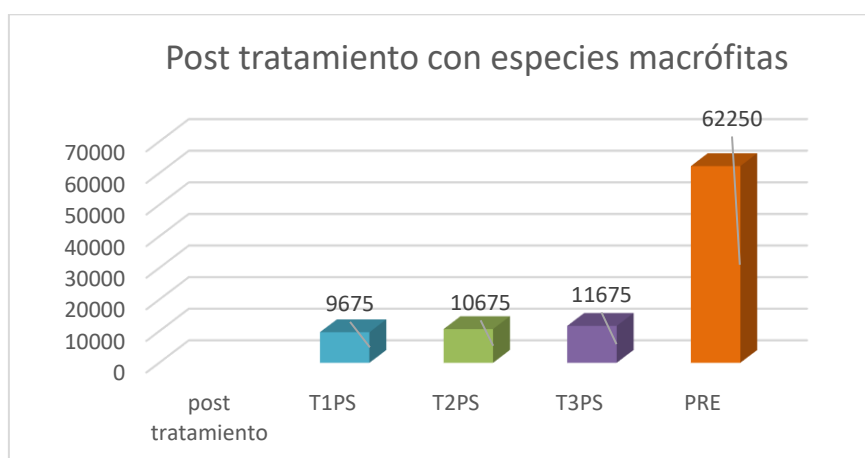


Figura 8: Tratamientos de remediación de DBO5 con *Pistia stratiotes*

4.20.-La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Pistia stratiotes*, a los 20 días de tratamiento, es de 14281.23 mg/L, variando de 6043.3 a 22963.7 mg/L (tabla 11 y figura 9).

Tabla 11: Tratamientos de remediación de DQO con *Pistia stratiotes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
13836.7	22963.7	6043.3	159379	250	14281.23333

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.21.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la DQO de aguas residuales, en 20 días, el 91% del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a -3876% por encima del LMP.

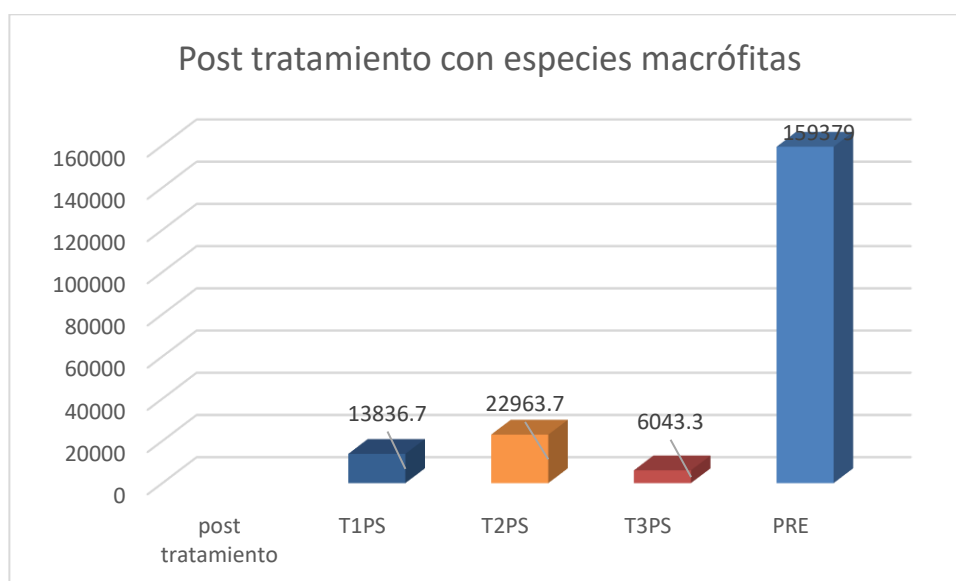


Figura 9: Tratamientos de remediación de DQO con *Pistia stratiotes*

4.22.- La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Pistia stratiotes*, a los 20 días de tratamiento, es de 2458.3 mg/L, variando de 1915 a 3340 mg/L (tabla 12 y figura 10).

Tabla 12: Tratamientos de remediación de SST con *Pistia stratiotes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
1915	2120	3340	4060	50	2458.333333

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.23.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la SST de aguas residuales, en 20 días, el 39% del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a - 4817% por encima del LMP.

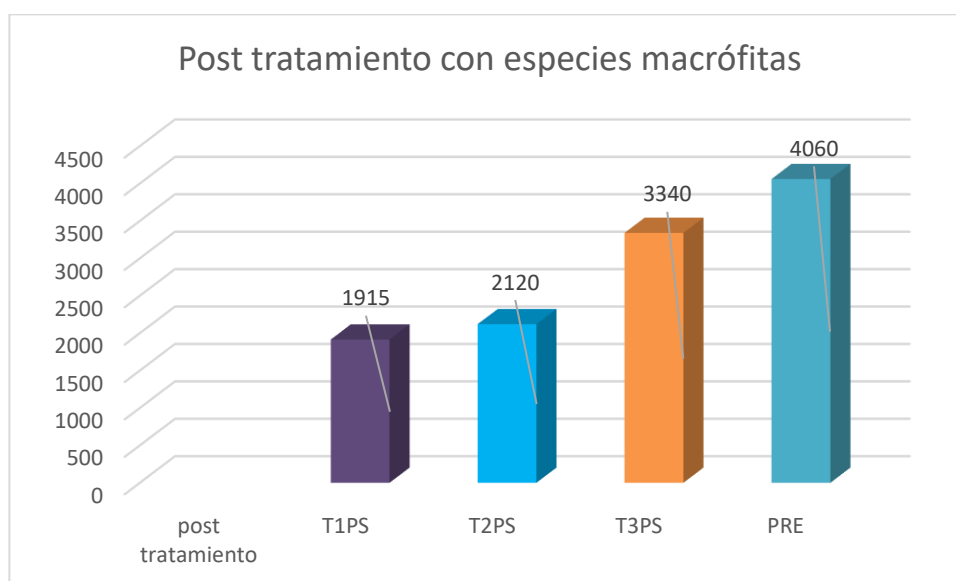


Figura 10: Tratamientos de remediación de SST con *Pistia stratiotes*

4.24.-La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Eichhornia crassipes*, a los 20 días de tratamiento, es de 5 mg/L, variando de 2 a 7.9 mg/L (tabla 13 y figura 11).

Tabla 13: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con *Eichhornia crassipes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
2	5.1	7.9	5.6	10	5

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.25.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la aceites y grasas de aguas residuales, en 20 días, el 11% del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a 50% por debajo del LMP.

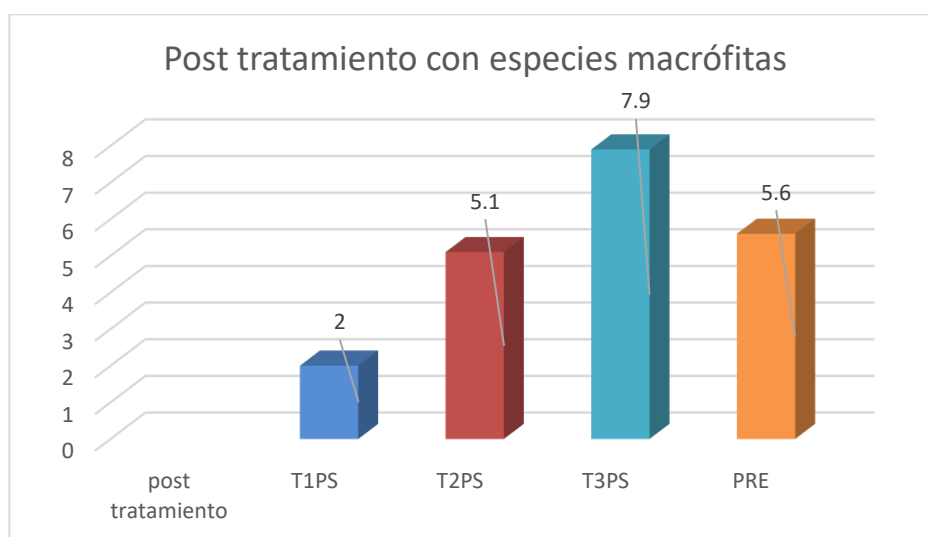


Figura 11: Tratamientos de remediación de aceites y grasas con *Eichhornia crassipes*

4.26.-La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Eichhornia crassipes*, a los 20 días de tratamiento, es de 18160 mg/L, variando de 17250 a 19530 mg/L (tabla 14 y figura 12).

Tabla 14: Tratamientos de remediación de DBO5 con *Eichhornia crassipes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
19530	17250	17700	62250	50	18160

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.27.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la DBO5 de aguas residuales, en 20 días, el 71 % del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a -36220 % por encima del LMP.

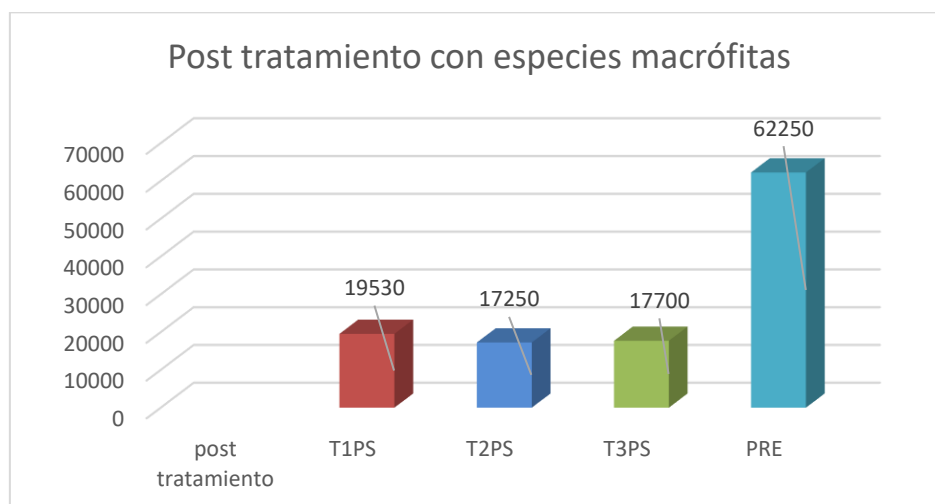


Figura 12: Tratamientos de remediación de DBO5 con *Eichhornia crassipes*

4.28.- La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Eichhornia crassipes*, a los 20 días de tratamiento, es de 27130.26667 mg/L, variando de 25303.7 a 29213.5 mg/L (tabla 15 y figura 13).

Tabla 15: Tratamientos de remediación de DQO con *Eichhornia crassipes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE		
29213.5	26873.6	25303.7	159379	250	27130.26667

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.29.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la DQO de aguas residuales, en 20 días, el 83% del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a -10752% por encima del LMP.

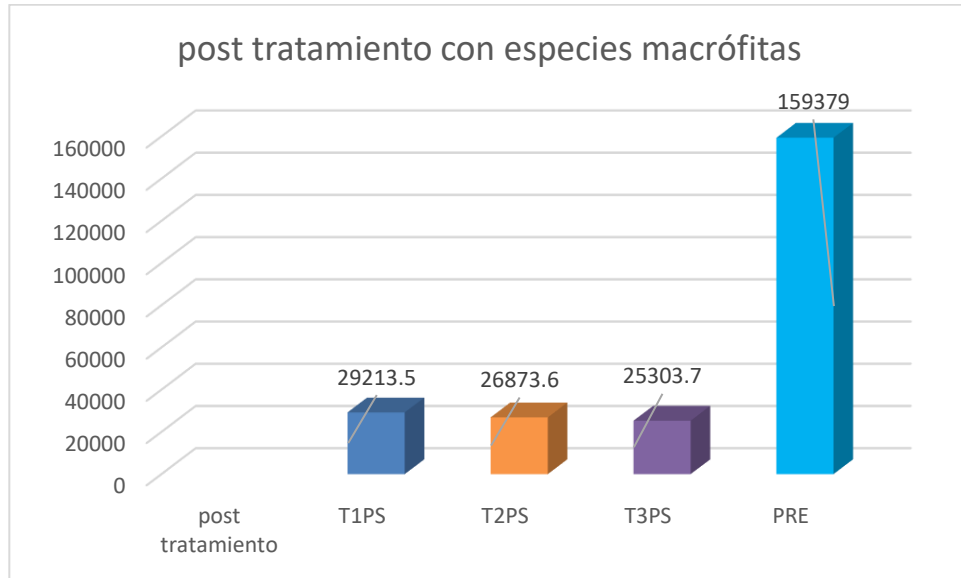


Figura 13: Tratamientos de remediación de DQO con *Eichhornia crassipes*.

4.30.- La remediación promedio de aceites y grasas de aguas residuales industriales de la empresa Indupalsa con *Eichhornia crassipes*, a los 20 días de tratamiento, es de 2676.666667 mg/L, variando de 2580 a 2850 mg/L (tabla 16 y figura 14).

Tabla 16: Tratamientos de Oremediación de SST con *Eichhornia crassipes*

Tratamientos de aguas residuales mg/L				LMP - mg/L	Promedio
20 Días		0 Días			
T1PS	T2PS	T3PS	PRE	50	2676.666667
2850	2600	2580	4060		

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.31.- La especie *Pistia stratiotes* ha remediado la SST de aguas residuales, en 20 días, el 34 % del valor del pre tratamiento; y, dicho valor se encuentra a - 5253% por encima del LMP.

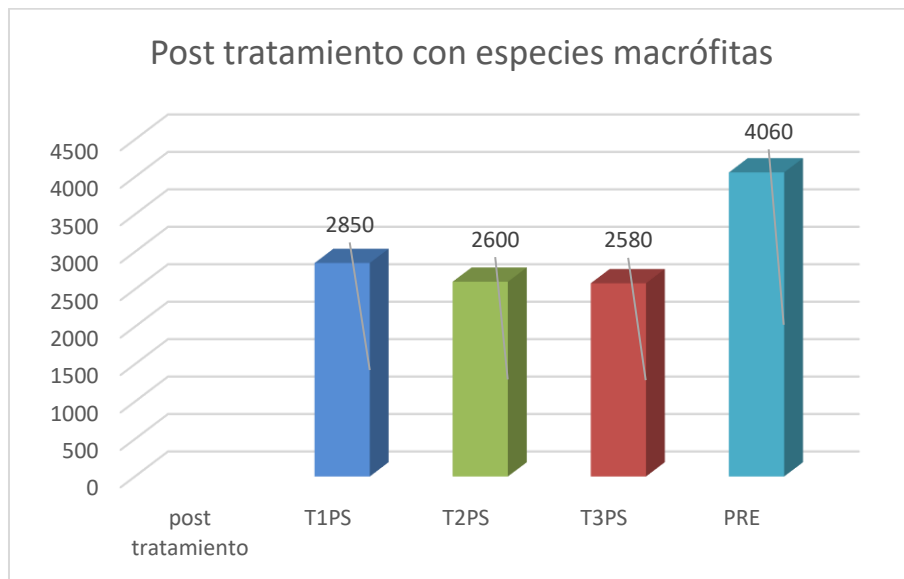


Figura 14: Tratamientos de remediación de SST con *Eichhornia crassipes*

Evaluar la capacidad de fitorremediación de macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera – Pongo de Caynarachi, 2021.

4.32.- Análisis para homogeneidad de los tratamientos y grupos según el diseño DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) (tabla 17).

Tabla 17: Matriz DBCA para el pH.

DBCA	GRUPOS		
	Grupo Control	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Tratamiento 1	7,3	7.74	7.93
Tratamiento 2	7,3	7.6	7.88
Tratamiento 3	7,3	7.46	7.6

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.33.- Esta tabla presenta los valores de pH obtenidos al termino del experimento, lo que nos dará la varianza en los resultados, que es el objetivo de esta investigación científica; En otras palabras, los investigadores controlaron los medios para examinar las posibles diferencias entre los grupos y los tratamientos.

4.34.- Resumen de promedios del pH por grupos (tabla 18).

Tabla 18: Resumen de promedios del pH

Grupos	Media
--------	-------

		Tratamientos	Media Grupo
Grupo Control	al 10%	7,300	7,300
	al 15%	7,300	
	al 20%	7,300	
<i>Eichhornia crassipes</i>	al 10%	7.740	7,600
	al 15%	7.600	
	al 20%	7.460	
<i>Pistia stratiotes</i>	al 10%	7.930	7,930
	al 15%	7.800	
	al 20%	7.600	

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.35.- Se ha determinado que existe una diferencia significativa entre los grupos, habiendo en las capas de *Pistia stratiotes* un pH neutro; No hubo diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo, el pH medio más alto se observó en el tratamiento al 10%.

4.36.- Matriz DBCA para DBO₅ (tabla 19).

Tabla 19: Matriz DBCA para DBO₅

DBCA	GRUPOS		
	Grupo Control	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Tratamiento 1	62 250,0	9 675,0	19 530,0
Tratamiento 2	62 250,0	10 675,0	17 250,0
Tratamiento 3	62 250,0	11 675,0	17 700,0

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.37.- En esta tabla se muestran los valores de DBO₅ obtenidos al final del experimento, lo que nos dará la varianza en los resultados, que es el objetivo de esta investigación; En otras palabras, los investigadores examinaron los medios para examinar las posibles diferencias entre los grupos y los tratamientos.

4.38.- Resumen de promedios de DBO₅ (tabla 20).

Tabla 20: Resumen de promedios de DBO5

Grupos		Media Tratamientos	Media Grupo
Grupo Control	al 10%	62250	62250
	al 15%	62250	
	al 20%	62250	
<i>Eichhornia crassipes</i>	al 10%	9675	10675
	al 15%	10675	
	al 20%	11675	
<i>Pistia stratiotes</i>	al 10%	19530	18160
	al 15%	17250	
	al 20%	17700	

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.39.- Se identificó una diferencia significativa entre los grupos, con la concentración más baja de DBO5 encontrada en los grupos de *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*; No hubo diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo, podemos destacar el grupo *Eichhornia crassipes* con el 10% del tratamiento.

4.40.-Matriz DBCA para SST (tabla 21).

Tabla 21: Matriz DBCA para SST.

DBCA	GRUPOS		
	Grupo Control	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Tratamiento 1	1915	2 850	4 060
Tratamiento 2	1915	2 600	2 120
Tratamiento 3	1915	2 580	3 340

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.41.- En esta tabla se muestran los resultados de SST obtenidos al final del experimento, lo que nos dará la varianza en los resultados, que es el objetivo de esta investigación; En otras palabras, los investigadores examinaron los medios para examinar las posibles diferencias entre los grupos y los tratamientos.

4.42.-Resumen de promedios de SST (tabla 22).

Tabla 22: Resumen de promedios de SST

Grupos		Media Tratamientos	Media Grupos
Grupo Control	al 10%	4060	4060
	al 15%	4060	
	al 20%	4060	
<i>Eichhornia crassipes</i>	al 10%	2850	2676.7
	al 15%	2600	
	al 20%	2580	
<i>Pistia stratiotes</i>	al 10%	1915	2458.3
	al 15%	2120	
	al 20%	3340	

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.43.- Se identificó una diferencia significativa entre los grupos, siendo las concentraciones totales de sólidos disueltos las más bajas en el grupo de *Eichhornia crassipes*; No hubo diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo, pudimos destacar el 15% de *Pistia stratiotes*.

4.44.- Diferencias de medias T student para los parámetros (tabla 23).

Tabla 23: Diferencias de medias T Student para los parámetros

Estadísticos	pH	DBO₅	SST
Media pre test	7.300	62250,0	4060
Media post test	7,600	10,675	2,458.3
Estadístico t	-13,264	7,663	9,027
P(T<=t) una cola	0,000	0,000	0,000
Valor crítico de t (una cola)	-1,850	1,850	1,850

Fuente: Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021.

4.45.- Al realizar las varianzas antes y después de la prueba, podemos ver que hay una diferencia significativa en los resultados, porque la probabilidad T del estudiante de la cola (0,000) es menor que el error (0,05). Después de analizar la diferencia en los valores medios del parámetro pH, observamos que el post test fue mayor que el pre test y en parámetros DBO₅ como la SST inversa obtuvo un promedio menor en el post test versus la prueba previa.

4. DISCUSIÓN

El tratamiento de aguas residuales tiene implicaciones importantes para la reutilización del agua, evitando la contaminación del agua y ambiental (particularmente debido a sus efectos en la producción agrícola) y la salud pública.

Se identificó la concentración de los componentes fisicoquímicos de las aguas residuales industriales de palma aceitera, donde aceites y grasas contenía 5,6 mg/L teniendo como Límite Máximo Permisible 10 mg/L; DBO₅, 62 250,0 mg/L con un Límite Máximo Permisible 50 mg/L ; DQO, 159 379,1 mg O₂/L teniendo como Límite Máximo Permisible 250 mg O₂/L; SST con 4060 mL/L con un Límite Máximo Permisible de 50mL/L; el pH con 7,2 con un Límite Máximo Permisible de 6 – 9) y temperatura con 27°C Límite Máximo Permisible <35 es decir que a excepción de aceites y grasas todos los parámetros sobrepasan los límites máximos permisibles, con valores sumamente altos, lo que es común en este tipo de agua residual, tal como señala PEÑA E. y et al. (2013), en su investigación: “Bioprospección de plantas nativas para su uso en procesos de biorremediación: caso *Hiloconia psittacorum* (Heliconiaceae)”; que las características más notables en este tipo de agua contaminada son DQO, DBO₅ y SST en mayores concentraciones, es decir, son los que más se deben tratar, empleando métodos biológicos, como la fitorremediación.

Los diseños de los tanques fueron pre-creados en 3D para modelado dimensional en cada lado para facilitar el desarrollo, posteriormente los tanques experimentales fueron hechos de vidrio templado de 8mm, cada tratamiento de acuerdo al tamaño 45cm largo x ancho 40cm x alto 25cm, el volumen de agua utilizado es 20L, con un presupuesto total de S/.380 porque se considera que este método es relativamente económico, caso similar a la investigación de NIÑO I. y et al. (2018), “Fitorremediación de aguas residuales sin tratamiento previo, caso: Tierra Negra, Bayocá”; que realizaron la caracterización física y química de microorganismos presentes en las aguas residuales, para ejecutar su proceso de fitorremediación en base a un diseño de cuatro piscinas recubiertas con plástico, que previamente se le realizó un diseño modelado dimensional, se

puede decir que ambos para disponer las aguas para tratamiento presentan la misma funcionabilidad.

Luego se realizó la Comparación de la capacidad fitorremediadora de cada especie empleada en el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa, dicha comparación se realizó por grupos conformados por las dos plantas y los parámetros de manera individual en un periodo de 20 días para compararlos con la muestra inicial, la especie *Pistia stratiotes* ha remediado el 48% de la concentración de aceites y grasas variando de 1,9 a 4 mg/L, a diferencia de la especie *Eichhornia crassipes* que solo removió el 11% variando de 2 a 7.9 mg/L, en Demanda Bioquímica de Oxígeno la *Pistia stratiotes* removió el 83% variando de 9675 a 11675 mg/L y en el caso *Eichhornia crassipes* se removió el 71% variando de 17250 a 19530 mg/L, así mismo un 91% de la Demanda Química de Oxígeno fue removida por la *Pistia stratiotes* variando de 6043.3 a 22963.7 mg/L y un 83% por la *Eichhornia crassipes* variando de 25303.7 a 29213.5 mg/L, los sólidos suspendidos totales se removieron un 39% de su concentración inicial por la *Pistia stratiotes*, variando de 1915 a 3340 mg/L y el 34% por la *Eichhornia crassipes* variando de 2580 a 2850 mg/L, los parámetros de campo que en este caso son el pH y la temperatura se monitorearon cada 4 días, durante los 20 días de ejecución no se presentaron alteraciones relevantes en ninguno de ellos aun así cabe recalcar que se encuentran dentro de límites máximos permisibles, comparando PERALES K. (2017), en su investigación titulada: "Tratamiento de aguas residuales domesticas por fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en la zona rural del caserío Santa Catalina Moyobamba 2017", reporta resultados significativos con una de las especies usada en su estudio, Con respecto a la DBO se registró una carga muy grande, los tipos utilizados, y se registró una eficiencia del 94,71%, y para la DQO se registró una alta turbidez y una acumulación total de sólidos, y finalmente la eficiencia de las especies registradas fue de 92,83 %. Por otro lado, la producción de altas concentraciones de aceites y grasas finalmente redujo la eficiencia de fitorremediación o procesamiento en un 94,72%, Corroborando los resultados más relevantes del producto de esta investigación; recalando que una de las especies fue superior o similar en cuanto a la remoción y reducción de la concentración de estos contaminantes.

Se evaluó la capacidad de fitorremediación de macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, mediante un análisis de homogeneidad entre grupos y tratamiento con la intención de obtener comparaciones precisas controlando la varianza de error, de esta manera todos los tratamientos aparecen representados en cada uno de los bloques del experimento, este experimento se aplicó en resultados con mayor relevancia, Se determinó que hubo una diferencia significativa entre los grupos, con *Pistia stratiotes* teniendo el pH base más alto y, por lo demás, no hubo una diferencia significativa en los tratamientos, sin embargo, el pH medio más alto observado en el tratamiento al 10% descriptivamente; En el caso de DBO5, hubo una diferencia significativa entre los grupos, con la concentración más baja en el grupo de *Eichhornia crassipes*. No hubo diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo, se puede destacar el grupo *Eichhornia crassipes* con el 10% del tratamiento; así mismo se obtuvieron menores concentraciones de SST en el grupo *Eichhornia crassipes*; No hubo diferencias significativas en los tratamientos, sin embargo, podemos destacar el tratamiento al 15% de *Pistia stratiotes*. Decidió que si existían diferencias estadísticamente significativas entre grupos, también realizó una varianza pre test y post test para los parámetros del estudio, en la cual se presentaron diferencias significativas en los resultados, debido a que la probabilidad de T para el estudiante de una cola (0.000) es menor que el error (0.05), es decir que ambas especies macrófitas tienen la capacidad de remover y minimizar altas concentraciones de DBO5, DQO Y SST, Sin embargo de acuerdo a los porcentajes que se presentan, la especie *Pistia stratiotes* muestra mayor capacidad y rendimiento a las condiciones de ex situ, por encima del 83 % y 91 % en la remoción sin detrimento de sus propiedades fisiológicas; de la misma manera, CASTILLO, I. (2018), en su investigación titulada: "Alternativas de biorremediación en aguas residuales procedentes de la industria"; menciona que, las plantas macrófitas son trascendentales para el tratamiento de manera natural de los cuerpos de agua que provienen de este tipo de actividades pero que aun así deben ser estudiadas a mayor profundidad como es el caso de la *Eichhornia crassipes*.

5. CONCLUSIONES

Se evaluó la capacidad de fitorremediación de las especies macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera en la cual se obtuvo como resultado que *Pistia stratiotes* tiene mejor capacidad, ya que tiene una mayor remoción de concentración de contaminantes como aceites y grasas, DBO5, DQO y SST, logrando reducir significativamente la carga contaminante existente, la aplicación de estas especies macrófitas en aguas residuales industriales o de una procedencia similar, formados por las distintas actividades antropogénicas a gran escala, se comprobó que la fitorremediación si es una opción para tratar estas aguas, lo que permitirá proporcionarle una disposición final menos crítica dentro de los cuerpos de agua receptores.

Se identificaron las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos donde claramente todos superaban por mucho a los Límites Máximos Permisibles a excepción de aceites y grasas, DBO5 con 62 250,0 mg/L, DQO con 159 379,1 mg O2/L y los SST con 4060 mL/L, valores que indicaban la excedencia de concentración de estos contaminantes, excluyendo al pH y temperatura ya que mantenían valores normales y permitidos.

El diseño se concibió inicialmente en forma de un modelo virtual en 3D, teniendo en cuenta el volumen requerido de 20 litros de agua, la altura de ventilación y la cantidad de esencia, y luego se implementó utilizando materiales de vidrio de 8mm con dimensiones de 45 cm x 40 cm x 25 cm, la estructura se convirtió en el funcional definitivo para el desarrollo de la investigación.

De la comparación entre las especies *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, concluimos que la especie *Pistia stratiotes* posee una mayor capacidad de remoción y tolerancia, sin embargo, ambas especies presentan similitud en sus porcentajes de remoción por lo que se acepta la hipótesis alterna **H1**: Las macrófitas si tienen la capacidad de fitorremediación de aguas residuales industriales en de palma aceitera, y se rechaza la hipótesis H0: Las macrófitas no tienen la capacidad de fitorremediación de aguas residuales industriales en de palma aceitera.

6. RECOMENDACIONES

A la empresa, realizar un mejor manejo de sus aguas residuales, implementando sistemas que se adecuen más a sus necesidades, para reducir el volumen y la carga contaminante de sus vertidos, tomando en consideración la huella ambiental, sensibilizando y ofreciendo información ambiental a los trabajadores para poder establecer al medio ambiente parte importante de la gestión en la empresa

A las empresas que se dedican al mismo tipo de industria mejorar la gestión de sus materiales y residuos peligrosos, tomar acciones con respecto a sus residuos, sobre todo a sus aguas, realizando un control de sus consumos y sobre todo de su producción, aplicando técnicas más ecológicas, que les permitan incluso reutilizar esas aguas.

Para los profesionales responsables de la gestión o área ambiental, aplicar técnicas para reducir la contaminación en la fuente. Elija la configuración de depuración más adecuada optimizando la gestión y el mantenimiento; recomendándoles un sistema de tratamiento ecológico aplicando plantas macrófitas como la *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* de manera directa, es decir, in situ adecuado dentro de la empresa.

A las autoridades municipales y entes sancionadores tomar acciones más drásticas sobre las empresas industriales de todos los rubros en general por la mala gestión que tienen en cuanto a sus residuos sólidos y sus aguas residuales, imponiendo normas más exigentes, llevando un control periódico del consumo de en cada una de ellas, que les permita exigir incluso procesos industriales limpios.

REFERENCIAS

- ANSARI, A.A., Naeem, M., Gill, S.S. y Alzuaibr, F.M., 2020. Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *Egyptian Journal of Aquatic Research* [en línea], vol. 46, no. 4, pp. 371-376. ISSN 20903278. DOI 10.1016/j.ejar.2020.03.002. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.03.002>
- ABRIL, Victor. *Técnicas e instrumentos de la investigación*, [2010?]. 19pp. Disponible en: <https://docplayer.es/30483389-Tecnicas-e-instrumentos-de-la-investigacion-victor-hugo-abril-ph-d.html>
- ARTEAGA Guio, D.G. y Hernández Toscano, J.D., 2018. Fitorremediación en Humedal Artificial con *Eichhornia Crassipes* para Remoción de Materia orgánica en Muestras de Agua del Canal Albina en Bogotá. [en línea], pp. 30. Disponible en: [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/3417/fitorremediación en humedal artificial con eichhorniacrassipes para remoción de materia orgánica en muestras de agua de la canal albina en bogotá.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/3417/fitorremediación%20en%20humedal%20artificial%20con%20eichhorniacrassipes%20para%20remoción%20de%20materia%20orgánica%20en%20muestras%20de%20agua%20de%20la%20canal%20albina%20en%20bogotá.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- ARAQUE Niño, I.D., Britto Aponte, M.C., Cuellar Rodríguez, L.A. y Perico Granados, N.R., 2020. Fitorremediación en aguas residuales sin tratamiento previo. Caso: Tierra Negra, Boyacá. *Revista de Tecnología*, vol. 17, no. 1, pp. 37-48. ISSN 1692-1399. DOI 10.18270/rt.v17i1.2950.
- BALA, J.D., Lalung, J., Al-Gheethi, A.A.S. y Hossain, K., 2018. Microbiota of Palm Oil Mill Wastewater in Malaysia Industrial wastewaters are essential habitat for diverse microbes .Generally , some of the microorganisms have been used for biotreatment of wastewaters (Abdel- Raouf et al . 2012 ; Bala et al . 2014a , , vol. 29, no. 2, pp. 131- 163.
- BILBENY, Norberth. *Aproximación a la ética* [En línea] 2da ed. Barcelona: editorial Ariel, 1992. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/993/99318750010.pdf>
- ISBN: 9788434411050
- BORGES, G., Souza, E.B. De, Souza, J.D.J. y Santiago, F., 2020. *Revista Macambira Bioquímica ambiental: as macrófitas aquáticas fitorremediadoras e bioindicadoras de poluentes como Environmental biochemistry :aquatic macrophytes phytoremediators and*

- bioindicatorsofpollutants as. , pp. 1-20. CASTILLO COAQUIRA, I.E., 2018. Alternativas de biorremediación en aguas residuales procedentes de la industria Bioremediation. *Universidad Privada San Carlos* *Revista Científica de Investigaciones Ambientales*, vol. 1, no. 1, pp. 27-31.
- CASTILLO, I., 2018. Alternativas de biorremediación en aguas residuales procedentes de la industria. , vol. 1, no. 1, pp. 27-31.
- CORBETTA, Piergiorgio. Metodología y técnicas de investigación social [En línea]. 2da ed. España: Printedspain., 2007. Disponible en : <https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2012/09/metodologc3ada-y-tc3a9cnicas-de-investigac3b3n-social-piergiorgio-corbetta.pdf>
- GANAPATHY, B., Yahya, A. y Ibrahim, N., 2019. Bioremediation of palm oil mill effluent (POME) using indigenous *Meyerozyma guilliermondii*. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 26, no. 11, pp. 11113-11125. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-019-04334-8.
- GARCÍA-Girón, J., Heino, J., Baastrup-Spohr, L., Bove, C.P., Clayton, J., de Winton, M., Feldmann, T., Fernández-Aláez, M., Ecke, F., Grillas, P., Hoyer, M. V., Kolada, A., Kosten, S., Lukács, B.A., Mjelde, M., MORMUL, R.P., Rhazi, L., Rhazi, M., Sass, L., XU, J. y Alahuhta, J., 2020. Global patterns and determinants of lake macrophyte taxonomic, functional and phylogenetic beta diversity. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 723, pp. 138021. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138021>.
- GALAL, T.M. y Farahat, E.A., 2015. The invasive macrophyte *Pistia stratiotes* L. as a bioindicator for water pollution in Lake Mariut, Egypt. *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 187, no. 11. ISSN 15732959. DOI 10.1007/s10661-015-4941-4.
- HARIZ, H.B. y Takriff, M.S., 2017. Palm oil mill effluent treatment and CO2 sequestration by using microalgae—sustainable strategies for environmental protection. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 24, no. 25, pp. 20209-20240. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-017-9742-6.
- HERNÁNDEZ, R. et al. (2014). *Metodología de la investigación* [en línea]. 6ª ed. México: Interamericana editores. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2020] ISBN: 978 6071502919.
- IBERAHIM, N., Sethupathi, S., Goh, C.L., Bashir, M.J.K. y Ahmad, W., 2019. Optimization of activated palm oil sludge biochar preparation for sulphur dioxide adsorption. *Journal of Environmental Management* [en línea], vol. 248, no. June, pp. 109302. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2019.109302. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109302>.

IBERS, J.A. y Schomaker, V., 1953. The structure of oxygen fluoride. *Journal of Physical Chemistry*, vol. 57, no. 7, pp. 699-701. ISSN 00223654. DOI 10.1021/j150508a023.

IBRAHIM, N. Izzah, Fairus, S. y MOHAMED, I.N., 2020. The effects and potential mechanism of oil palm phenolics in cardiovascular health: A review on current evidence. *Nutrients*, vol. 12, no. 7, pp. 1-22. ISSN 20726643. DOI 10.3390/nu12072055.

KUTTY, S.R.M., Almahbashi, N.M.Y., Nazrin, A.A.M., Malek, M.A., Noor, A., Baloo, L. y Ghaleb, A.A.S., 2019. Adsorption kinetics of colour removal from palm oil mill effluent using wastewater sludge carbon in column studies. *Heliyon* [en línea], vol. 5, no. 10, pp. e02439. ISSN 24058440. DOI 10.1016/j.heliyon.2019.e02439. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02439>.

LI, H., Li, Q., Luo, X., Fu, J. y Zhang, J., 2020. Responses of the submerged macrophyte *Vallisneria spiralis* to a water depth gradient. *Science of the Total Environment*, vol. 701. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.134944.

LIU, M. y Chen, K.N., 2018. Purification Effect of Submerged Macrophyte System with Different Plants Combinations and C/N Ratios. *HuanjingKexue/Environmental Science*, vol. 39, no. 6, pp. 2706-2714. ISSN 02503301. DOI 10.13227/j.hjkx.201710209.

LÓPEZ, A.E.D., Ramírez, C.A.G., García, F.P., Ibarra, J.R.V. y Sandoval, O.A., 2011. Fitorremediación: Una Alternativa para Eliminar la Contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 14, no. 2, pp. pg. 597-612.

LU, Q., He, Z.L., Graetz, D.A., Stoffella, P.J. y Yang, X., 2010. Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 17, no. 1, pp. 84-96. ISSN 09441344. DOI 10.1007/s11356-008-0094-0.

MAHMUD, S.S., Azahar, A.M., Luthfi, A.A.I., Abdul, P.M., Mastar, M.S., Anuar, N., Takriff, M.S. y Jahim, J.M.D., 2020. Potential Utilisation of Dark-Fermented Palm Oil Mill Effluent in Continuous Production of Biomethane by Self-Granulated Mixed Culture. *ScientificReports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-12. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-65702-w.

Metodología de la investigación. [blog]. Lima: Widogski, J., (14 de Julio de 2010). Disponible en:

<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/>

OLAFISOYE, O.B., Fatoki, O.S., Oguntibeju, O.O. y Osibote, O.A., 2020. Accumulation and risk assessment of metals in palm oil cultivated on contaminated oil palm plantation soils. *ToxicologyReports* [en línea], vol. 7,

no. December 2018, pp. 324-334. ISSN 22147500. DOI
10.1016/j.toxrep.2020.01.016. Disponible
en:

<https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.01.016>.

OSMAN, N.A., Ujang, F.A., Roslan, A.M., Ibrahim, M.F. y Hassan, M.A., 2020. The effect of Palm Oil Mill Effluent Final Discharge on the Characteristics of *Pennisetum purpureum*. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-10. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-62815-0.

PETITPIERRE, G., 1983. Tratamiento del efluente del Aceite de Palma y producción de biogás. *Palmas* [en línea], vol. 21, pp. 21-25. Disponible en: publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/41/41.

POMPÊO, M., 2008. Monitoramento E Manejo De Macrófitas Aquáticas. *Oecologia Australis*, vol. 12, no. 03, pp. 406-424. ISSN 2177-6199. DOI 10.4257/oeco.2008.1203.04.

RAMÍREZ-Loreto, M.A., Angel-Meraz, E. Del, Pantoja-Castro, M.A. y Rivera, M.G., 2020. crassipes para tratamiento de agua residuales. , vol. 5, no. 1, pp. 76-89.

Rusque, M. 2003. *De la diversidad a la unidad en la investigación cualitativa*. Caracas: Vadell Hermanos Editores, pp. 134. Disponible en: <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2017/06/que-es-la-validez-en-una-investigacion.html>

SEMILIN, V., Janaun, J., Chung, C.H., Touhami, D., Haywood, S.K., Chong, K.P., Yaser, A.Z. y Zein, S.H., 2021. Recovery of oil from palm oil mill effluent using polypropylene micro/nanofiber. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], vol. 404, pp. 124144. ISSN 18733336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.124144. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124144>.

SHAH, M., Hashmi, H.N., Ghumman, A.R. y Zeeshan, M., 2015. Performance assessment of aquatic macrophytes for treatment of municipal wastewater. *Journal of the South African Institution of Civil Engineering*, vol. 57, no. 3, pp. 18-25. ISSN 10212019. DOI 10.17159/2309-8775/2015/v57n3a3.

SOUZA, T. De, Florentino, A., Carolina, M. y Pereira, T., 2019. Wetlandsconstruídas para tratamento de efluentes de viveiros de piscicultura. , pp. 1-5.

TEOW, Y.H., Nordin, N.I. y Mohammad, A.W., 2019. Green synthesis of palm oil mill effluent-based graphenic adsorbent for the treatment of dye-contaminated wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 26, no. 33, pp. 33747-33757. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-018-2189-6.

WANG, J., Mahmood, Q., Qiu, J.P., Li, Y.S., Chang, Y.S., Chi, L.N. y Li,

X.D., 2015. Zero discharge performance of an industrial pilot-scale plant treating palm oil mill effluent. *BioMedResearch International*, vol. 2015. ISSN 23146141. DOI 10.1155/2015/617861.

VERA Torrejón, J.A. y CaicedoSafra, P., 2014. El Impacto Ambiental Negativo y su Evaluación Antes, Durante y Después del Desarrollo de Actividades Productivas. *Derecho & Sociedad*, vol. 0, no. 42, pp. 223- 232. ISSN 2079-3634.

ANEXOS

Tabla 24: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable dependiente</p> <p>Aguas residuales de palma aceitera</p>	<p>Los efluentes líquidos de una planta de procesamiento de aceite de palma consisten principalmente en lo siguiente: condensados de la esterilización, o el agua que resulta de la condensación del vapor utilizado para esterilizar los racimos. Lodo de la clarificación, o los líquidos que quedan después de que los racimos han sido procesados y se han separado y extraído los aceites (FEDEPALMA, 2000).</p>	<p>Las aguas residuales de palma aceitera se medirán de acuerdo a los métodos establecidos para los parámetros: STS = SMEWW-APHAWWA-WEF Part 2540 D, 22nd Ed.2012, DQO=SMEWW-APHA-AWWAWEFPart 5220 D, 23rd Ed. 2017, DBO = SMEWW-APHA AWWA-WEF Part5210 B, 23rd Ed.2017. Aceite y grasas= SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017</p>	<p>Parámetros físicos</p> <p>Parámetros químicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • STS • DBO • DQO • Aceites y grasas 	<p>Unidades de pH</p> <p>mg/l</p> <p>mg/l</p> <p>mg/l</p>
<p>Variable independiente:</p> <p>Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas.</p>	<p>La fitorremediación se define como el uso de plantas para eliminar, destruir o transformar contaminantes del suelo, agua y aire (Zhi-xinetal., 2007; Panich-Pat et al., 2010). En este proceso, las plantas son seleccionadas principalmente por su potencial fisiológico, como en el caso de enzimas presentes para tolerar y asimilar sustancias tóxicas, por sus tasas de crecimiento, por la profundidad de sus raíces y su habilidad para bioacumular y/o degradar contaminantes (Wei etal.,2009).</p>	<p>Se realizará un monitoreo periódico de los parámetros de campo, también se aplicará un análisis en los tratamientos según un diseño de bloques completamente al azar; por último, se realizará una comparación de ambas especies mediante T student.</p>	<p>Absorción contaminantes</p> <p>Eficiencia de remoción</p>	<p>Eficiencia de remoción</p>	<p>% de remoción</p>



ANEXO 02: Ficha de Registro Diario

FICHA DE REGISTRO DIARIO



PROYECTO: "Capacidad de fitorremediación de plantas macrófitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, Pongo de Caynarachi, 2021"



RESPONSABLES: Yan Saavedra Córdova, Marco Del Aguila Barrera

Ítem	Especie	Tratamiento	Fecha	Hora	pH	T	Observaciones
						°C	
1	Pistia Stratiotes	A – 1PS (10 plantas)	15/10/21	8:02 am	7.3	24.80	
2	Pistia Stratiotes	A – 2PS (15 plantas)	15/10/21	8:04 am	7.3	23.66	
3	Pistia Stratiotes	A – 3PS (20 plantas)	15/10/21	8:07 am	7.1	23.11	
4	Eichhornia Crassipes	B – 1EC (10 plantas)	15/10/21	8:09 am	7.8	24.63	
5	Eichhornia Crassipes	B – 2EC (15 plantas)	15/10/21	8:12 am	7.7	24.14	
6	Eichhornia Crassipes	B – 3EC (20 plantas)	15/10/21	8:15 am	7.4	23.	



Figura 02: Ficha de Registro Diario



FICHA DE REGISTRO DIARIO

PROYECTO: Capacidad de fitorremediación de plantas macrofitas en aguas residuales industriales de palma aceitera, lago de Caynarachi - 2021
 RESPONSABLES: Del Aguila Barrera Marco Antonio
 Saavedra Cordova Yan Keller



Item	Especie	Tratamiento	Fecha	Hora	pH	T	COND	Observaciones
						°C	µS/cm	
1	PISTIA STRATIOTES	A - 7AS (10 plantas)	19/10/21	10:00 am	7.4	24.7		
2	PISTIA STRATIOTES	A - 2PS (15 plantas)	19/10/21	10:01 am	7.4	24.2		
3	PISTIA STRATIOTES	A - 3PS (20 plantas)	19/10/21	10:02 am	7.3	24.3		
4	EICHORNIA CRASSIPES	B - 7EC (10 plantas)	19/10/21	10:04 am	7.3	24.3		
5	EICHORNIA CRASSIPES	B - 2EC (15 plantas)	19/10/21	10:05 am	7.4	23.8		
6	EICHORNIA CRASSIPES	B - 3EC (20 plantas)	19/10/21	10:06 am	7.4	24.7		

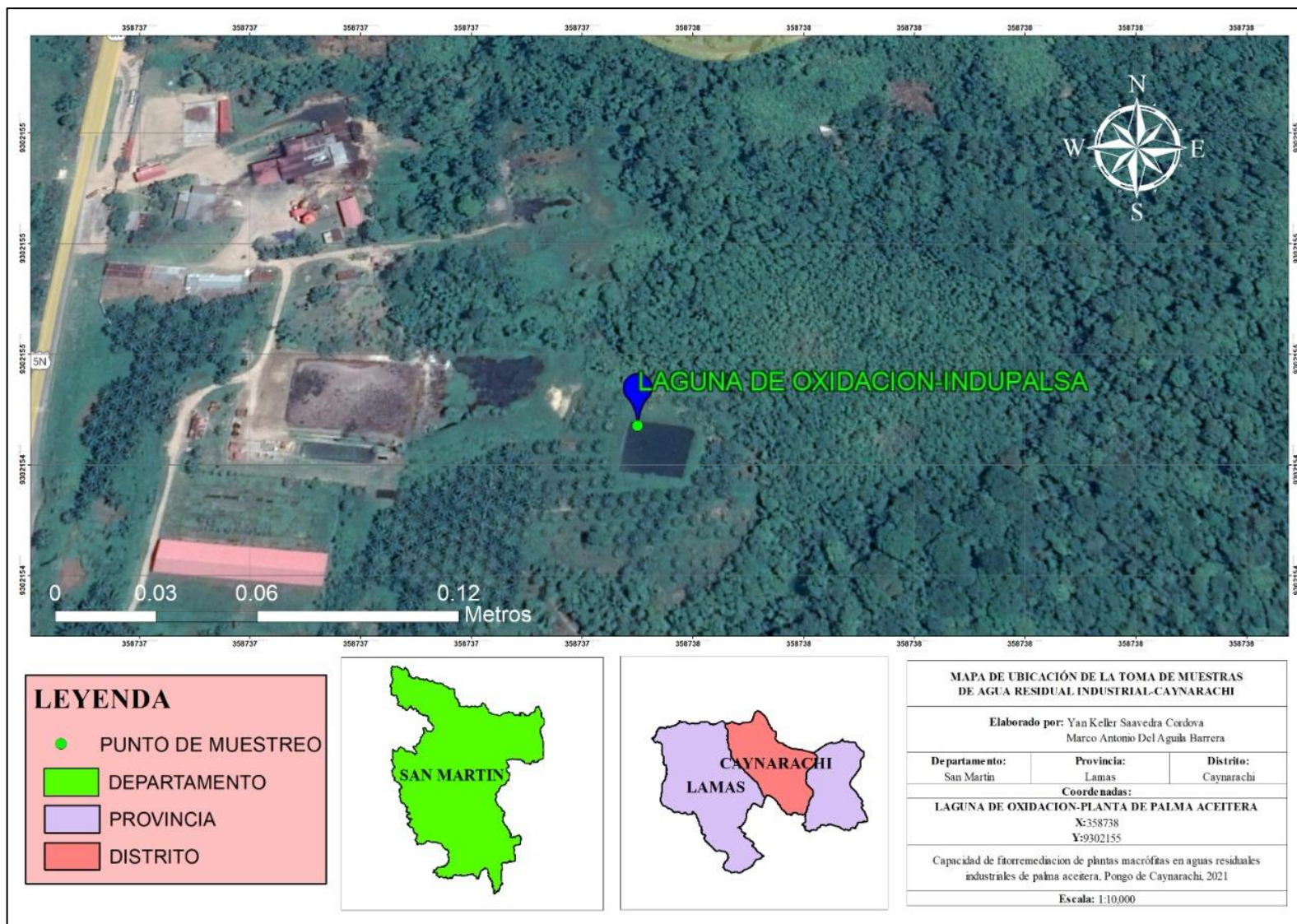


Figura 8: Mapa ubicación del lugar de estudio, planta industrial de producción de aceite de palma “Palmas de Shanusi”

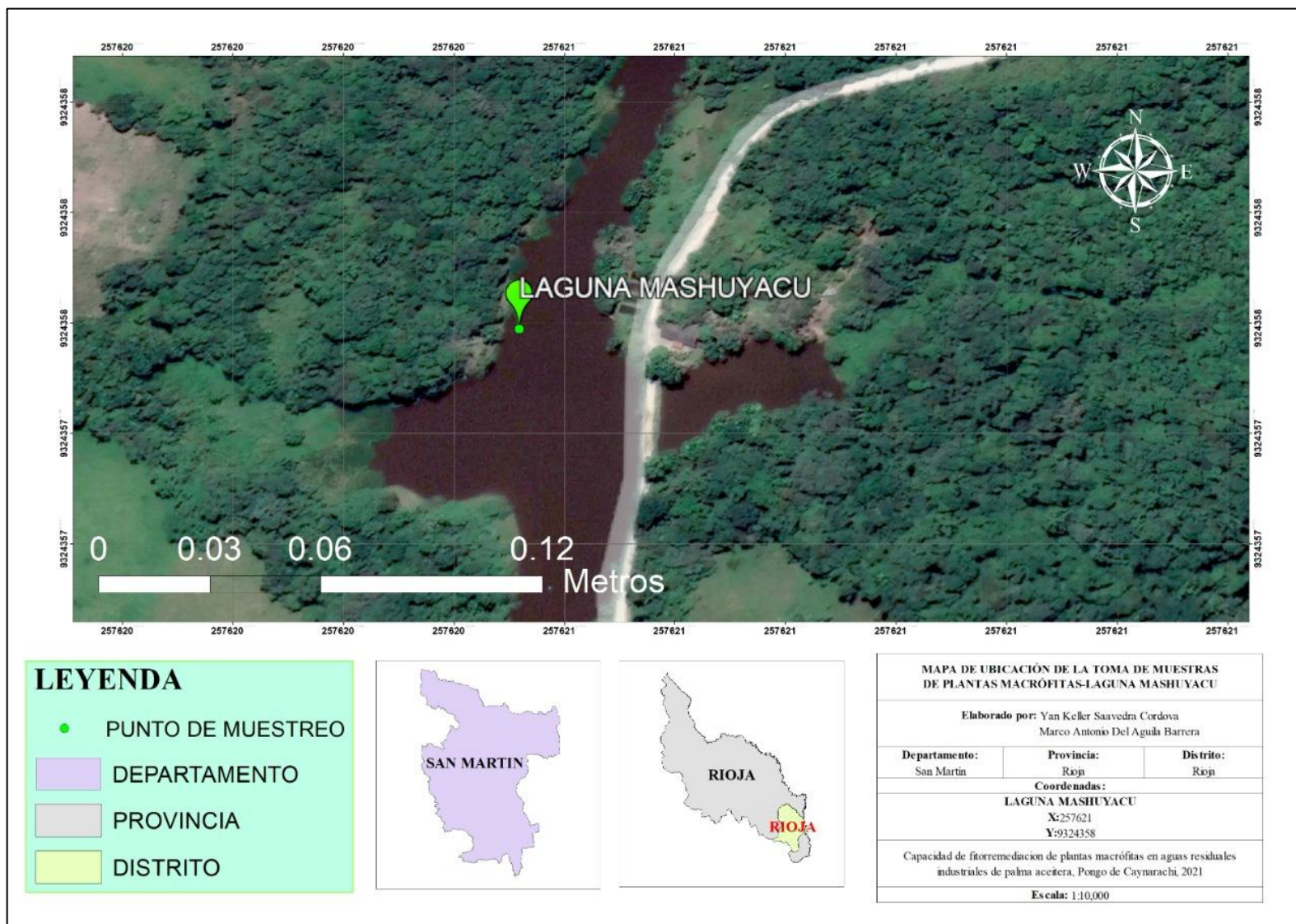


Figura 9: Mapa de ubicación del área de recolección de la especie Pistia stratiotes

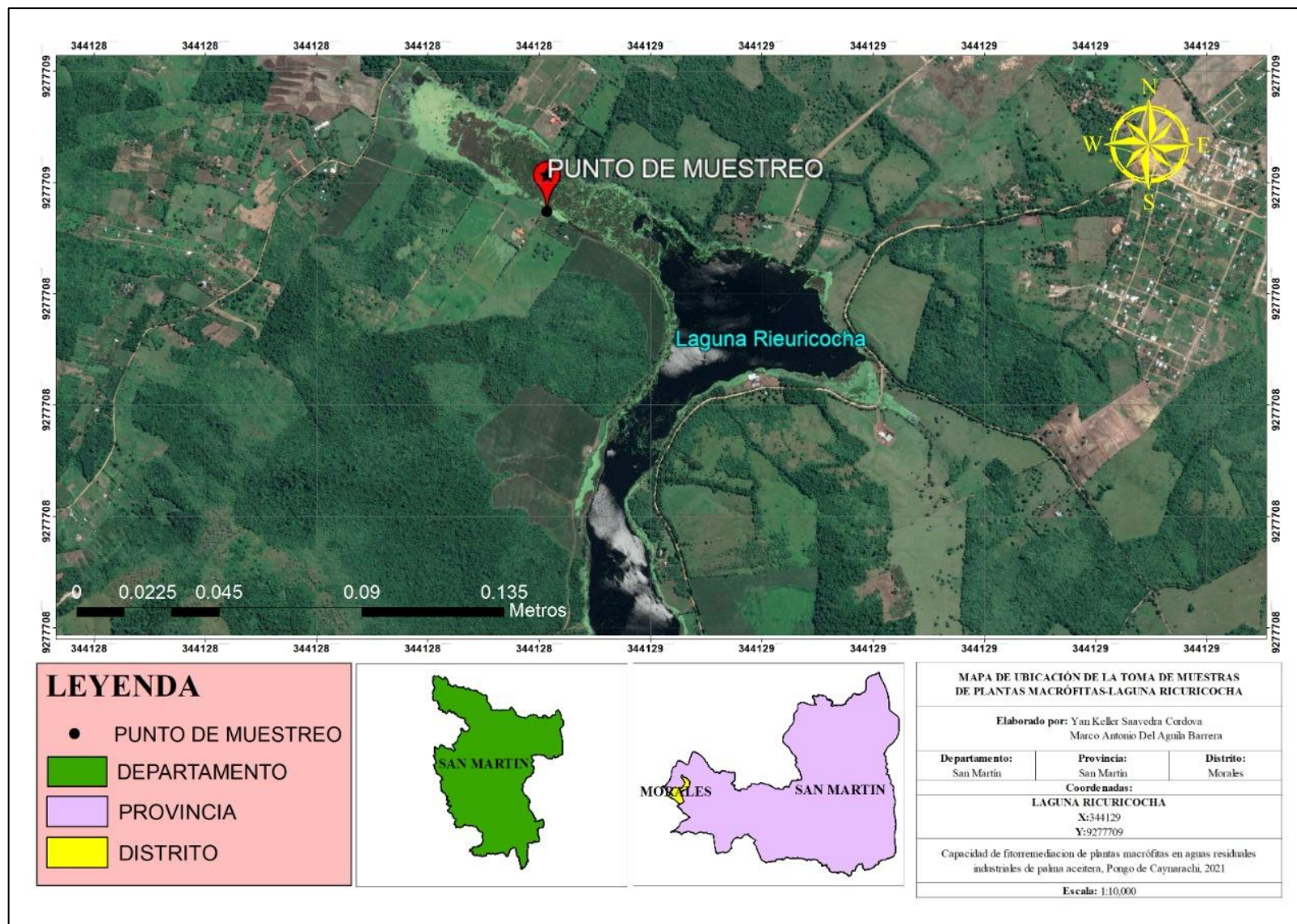


Figura 10: Mapa de ubicación del área de recolección de la especie Eichhornia Crassipes

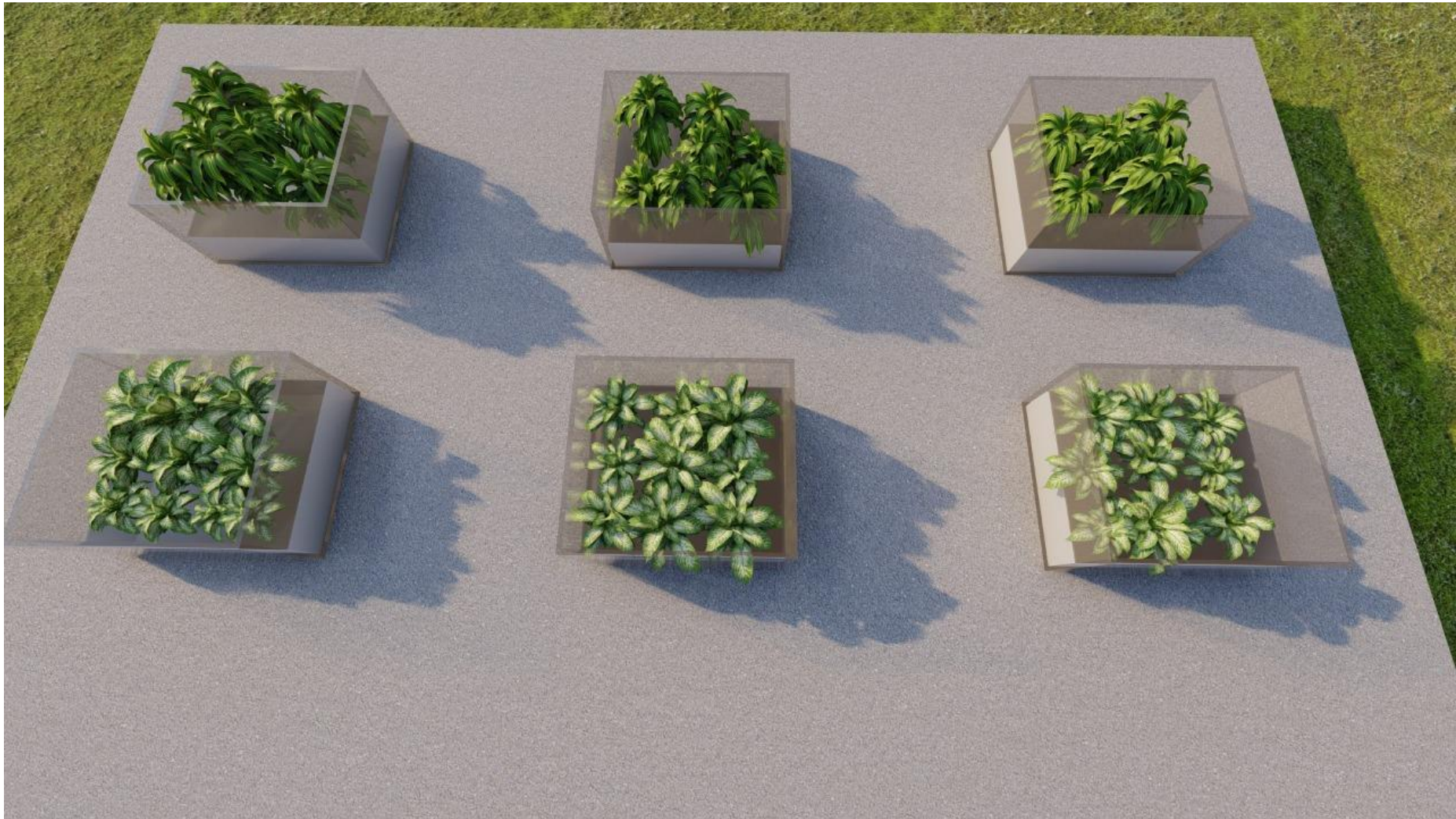


Figura 11: Diseño 3D de los estanques



Validación de instrumentos – especialista 1



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Andi Lozano Chung
 Institución donde labora : TUSAN Ingenieros Consultores SAC
 Especialidad : Ingeniero Ambiental
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro de Campo.
 Autor (s) del instrumento (s) : Del Águila Barrera, Marco Antonio
 Saavedra Córdova, Yan Keller

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Eficiencia de la Fitorremediación				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. Agua residual de palma aceitera.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Agua residual de palma aceitera.				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento esta listo para ser Aplicable.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 44

Tarapoto, 5 de octubre de 2020




 Andi Lozano Chung
 INGENIERO AMBIENTAL
 OIP 159414

Sello personal y firma



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dra. Karla Luz Mendoza López
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo
 Especialidad : Ingeniero Ambiental
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro de Campo.
 Autor (s) del instrumento (s) : Del Águila Barrera, Marco Antonio
 Saavedra Córdova, Yan Keller

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	INDICADORES				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Eficiencia de la Fitorremediación					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Lixiviados del botadero de Cufumbiqui					X
CONSISTENCIA	La información que se recoje a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Lixiviados del botadero de Cufumbiqui					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

49

Tarapoto, 5 de octubre de 2021


Karla Luz Mendoza López
 DOCENTE DE CÁTEDRA AMBIENTE
 CIP: 122149
 Sello personal y firma



INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACION CIENTIFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Blga. Luz Margarita, Colichon Carranza
 Institución donde labora : Red de Salud del Dorado
 Especialidad : Biólogo
 Instrumento de evaluación : Ficha de Registro de Campo.
 Autor (s) del instrumento (s) : Del Águila Barrera, Marco Antonio
 Saavedra Córdova, Yan Keller

II. ASPECTOS DE VALIDACION

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Efliceno de la Fitorremediación					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio. Lixiviados del botadero de Cufumbucul				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Lixiviados del botadero de Cufumbucul					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelesnte"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINION DE APLICABILIDAD

---Está listo para ser aplicable-----

PROMEDIO DE VALORACION:

Tarapoto, 5 de octubre de 2021



Sello personal y firma



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

Orden de servicio: **05-2021-4898** Pág. **1** de **1**

Plan de Muestreo: **15-21-13344**

Informe de ensayo: **15-21-13344**

Procedencia o lugar de muestreo: **Pongo de Capatracchi - demey**

Item	Punto de muestreo / Estación	Codigo de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación	N° Frascos	PARAMETROS DE ENSAYO		PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES
				Grupo	Sub-grupo			Coordinadas (UTM)	V	P	T° Mira (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (lic/cm Salinidad (ppt))	
1	10-AB1-PAL	46732	F: 18/10/21 H: 8:00 am	AR	Industrial	N: 9302155 E: 358738	3	1	1	ST5	DB05	DB00	Ay6	
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		

Legenda

F: Fecha
H: Hora
N: Norte
E: Este
V: Vidrio
P: Plástico
T° Mira: Temperatura de Muestra
T° Amb: Temperatura ambiente

Muestreado por: **Yan Saaveira Corcob4**

Nombre: **Yan Saaveira Corcob4**
Fecha: **18/10/2021**
Firma:

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

grupo	SUB-GRUPO
AN: Agua Natural	SUPERFICIA (Invernal - Terrest)
AR: Agua Residual	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL
AS: Agua Sólida	PSICHA Y LAGUNA ARTIFICIAL
AP: Agua de Proceso	SEDA (Piscis, Ictis, Erizoid)
	AGUA INFECCION Y REMEDIACION
	CIRCULACION O ENFRAMMENTO - AGUA DE CALDERAS
	ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LIMPIACION
	AGUA EMPACADA - AGUA DE BEBIDA Y REFRIGERACION

Muestreado por: ALAB Cliente

Observaciones / Comentarios

SEDE PRINCIPAL: Proyección Zorreguilla, Mz D2 lote 3, Bellavista-Callao / SEDE GUARDIA CHALACA: Av Guardia Chalaca 1877 Bellavista Callao
SEDE AREQUIPA: Urbanización Tahuaycani Mz C, Lt 27, distrito de Sachaca, Arequipa / SEDE PUNO: Calle Los Ebanos Mz. G, Lt 17, Urb. Mercedes II Espaa, distrito de Puno, Puno. (Ref. Costado del colegio San Ignacio de Loyola)
Web: www.alab.com.pe Email: ventas@alab.com.pe - RUC: 20800651501 - T: (0171) 390368 Cel: 9817-86238 / 9427-4331 / 9325-49458



CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

ALAB LABORATORIO DE AGUAS

Datos del cliente

Razón Social: **LOZANO CONSULTORES SAC**

Persona de contacto: **YAN SANCHEZ CAROYA** Correo / Teléfono: **YANKS24@gmail.com / 928182475**

Nombre del proveedor: **CADENA DE CUSTODIA DE PLANTAS PARQUEADAS EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE PLANTA ACERT EMPINADO DE CHIMANAVE 2021.**

Orden de servicio: **05-2021-489P** Pág. **de**

Plan de Monitoreo: **IE-21-1459 / CC-21-14509**

Informe de ensayo: **IE-21-1459**

Procedencia o lugar de muestreo: **Duindo Tarapoto**

Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frascos	Preservante	PARAMETROS DE ENSAYO					PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES	
								Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P	T° Mtra (°C)	pH (Unidad de pH)	CE (ns/cm)	OD (mg/L)		Cloro Libre (mg/L)
1	AAI-1PS-PA	M-21	F: 08/11 H: 12:00	Industria	N: 9283405 E: 0248643	01 03	H2SO4	ST5	00	00	00	00						
2	AAI-2PS-PA	54979	F: 08/11 H: 12:30	Industria	N: 9283405 E: 0248643	01 03	Acetato de Plomo	ST5	00	00	00	00						
3	AAI-3PS-PA	54980	F: 08/11 H: 13:00	Industria	N: 9283405 E: 0248643	01 03		ST5	00	00	00	00						
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		

Legenda

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

Muestreado por: YAN SANCHEZ

Nombre: YAN SANCHEZ

Fecha:

Firma:

Responable de Muestra: YAN SANCHEZ

CE: Conductividad Eléctrica
OD: Oxígeno Disuelto

Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042

GRUPO	sub-grupo
AN: Aguas Naturales	SUBTRAPACA (Metamorf - Terrest)
NR: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MINEROPIA *
AR: Aguas Residuales	RESIDUA Y LAGUNA ARTIFICIAL
AS: Aguas Salinas	RESIDUA (Problemas, Mares, Embalses)
AP: Aguas de Proceso	AGUA INTENCIONAL REFINERÍA

Muestreado por: MUEB Cliente

Observaciones / Comentarios:



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14547

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : LOZANO CONSULTORES S.A.C.
2.-DIRECCIÓN : Ramón Castilla N° 704 - Tarapoto
3.-PROYECTO : CAPACIDAD DE FITORREMEDIACIÓN DE PLANTAS MACRÓFITAS EN AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES DE PALMA ACEITERA, PONGO DE CAYNARACHI, 2021.
4.-PROCEDENCIA : DISTRITO TARAPOTO
5.-SOLICITANTE : SOMALAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000004898-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-11-29

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-11-10
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-11-10 al 2021-11-29

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13344

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : LOZANO CONSULTORES S.A.C.
2.-DIRECCIÓN : Jr. Ramon Castilla N° 704 - Tarapoto
3.-PROYECTO : CAPACIDAD DE FITORREMEDIACIÓN DE PLANTAS MACRÓFITAS EN AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES DE PALMA ACEITERA, PONGO DE CAYNARACHI, 2021
4.-PROCEDENCIA : PONGO DE CAYNARACHI - LAMAS
5.-SOLICITANTE : SOMALAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000004898-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-10-26

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-10-19
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-10-19 al 2021-10-26

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 151207

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14549

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : LOZANO CONSULTORES S.A.C.
2.-DIRECCIÓN : Jr. Ramon Castilla N° 704 - Tarapoto
3.-PROYECTO : CAPACIDAD DE FITORREMEDIACIÓN DE PLANTAS MACRÓFITAS EN AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES DE PALMA ACEITERA, PONGO DE CAYNARACHI, 2021
4.-PROCEDENCIA : DISTRITO DE TARAPOTO
5.-SOLICITANTE : SOMALAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000004898-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-11-23

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-11-10
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-11-10 al 2021-11-23

Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

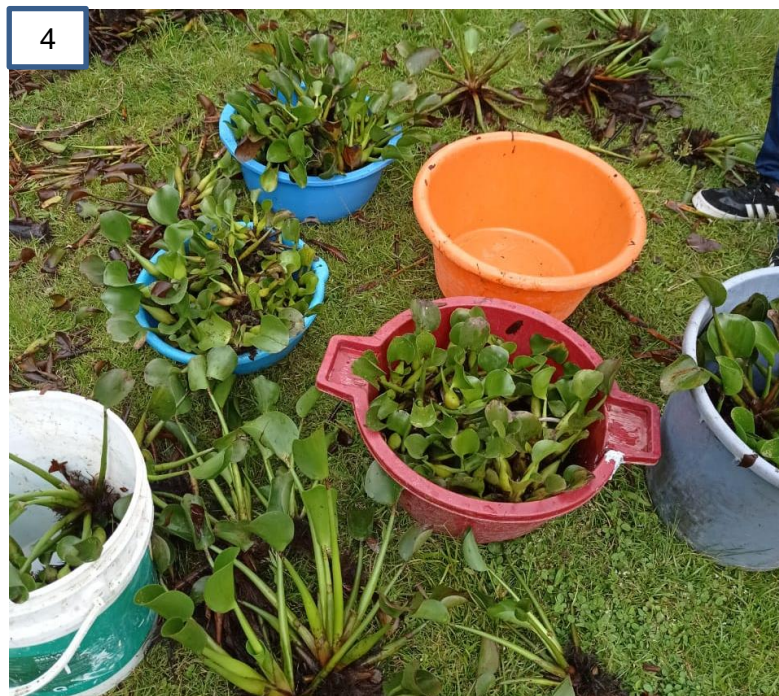
Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Panel fotográfico



En las fotografías 1 y 2 se observa el proceso de recolección y selección de la especie *Eichhornia Crassipes* que fue realizada munuisisamente, en la laguna de Mashuyacu ubicada en la Provincia de Rioja; se recolectaron aproximadamente 40 plantas de un tamaño intermedio, para ser aclimatadas y posteriormente se puede realizar el tratamiento.



También en las imágenes 3 y 4 se observa a las plantas organizadas cuidadosamente en recipientes para realizar su traslado desde la ciudad de Rioja hasta Tarapoto donde se está ejecutando el proyecto



Luego se realizó la recolección de la especie *Pistia Stratiotes*, en la laguna Ricuricocha, que esta ubicada a 30 min de la ciudad de Tarapoto en el distrito de Santa Rosa de Cumbaza, se aplicó el proceso de recolección utilizado anteriormente con la primera especie, se depositaron en recipientes y se trasladaron al lugar de ejecución.



Se acondicionaron los estanques de vidrio en el área acondicionada para ejecutar el tratamiento de las aguas residuales con las plantas macrofitas.



De igual manera se realizó la aclimatación de cada especie, en diferentes recipientes, empleando agua purificada para retirar cualquier impureza que se encuentre en las raíces para evitar que estas provoquen variaciones en el agua a tratar.





14



15

