



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Efecto Fitorremediador de *Lemna Minor* en Aguas Contaminadas
de las Lagunas de Oxidación de Táchala – Castilla – Piura – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Villaseca Argomedo, Francisco Javier (ORCID: 0000-0001-6008-8081)

ASESOR:

Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado considerando y valorando mucho el apoyo y esfuerzo de mis padres, Francisco Villaseca Villaseca y Teodolinda Argomedo Carrillo; en especial en memoria de mi abuela Edelmira Ester Carrillo Ávila y hermano Marco Antonio Hidalgo Argomedo quienes formaron parte de este proyecto de vida.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios ante todo por su fiel respaldo; y darme la oportunidad de ser parte de este proyecto de investigación del cual podré obtener el grado de ingeniero ambiental, a la vez, dar gracias al esfuerzo y dedicación de mis padres Francisco Villaseca Villaseca y Teodolinda Argomedo Carrillo que permitieron educarme con miras de hacer de mí, un gran profesional. También extender mi agradecimiento a mi asesor Mgtr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos quien con gran profesionalismo me brindó las técnicas adecuadas para obtener resultados sobre mi proyecto de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRAT	ix
I INTRODUCCIÓN.....	1
II MARCO TEÓRICO.....	7
III METODOLOGÍA	13
3.1 Tipo y diseño de la investigación:	14
3.2 Variables y operacionalización:.....	15
3.3 Población, muestra y muestreo:.....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	20
3.5 Procedimientos:.....	21
3.6 Método de análisis de datos:.....	29
3.7 Aspectos éticos:	29
IV RESULTADOS	30
V DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
VI CONCLUSIONES	44
VII RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1.	Técnicas de Campo.....	27
Tabla2.	Técnicas de laboratorio	28
Tabla3.	Matriz de Operacionalización de Variables	54
Tabla4.	Matriz de Consistencia	56
Tabla5.	Límites Máximos Permisibles para los Efluentes	57
Tabla6.	matriz foda de las aguas de las lagunas de oxidación de tacala-castilla	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1.	AA.HH Táchala -Castilla.....	19
Figura2.	Lagunas de Oxidación Táchala-Castilla.....	20
Figura3.	Dimensiones de las Lagunas Piloto.....	22
Figura4.	Diseño del Sistema de Lagunas Piloto.....	22
Figura5.	Medición y Señalización de las Lagunas Piloto.....	23
Figura6.	Excavación de las Lagunas Piloto.....	24
Figura7.	Revestimiento de las Lagunas Piloto.....	25
Figura8.	Prueba de Infiltración de las Lagunas Piloto.....	25
Figura9.	Introducción de la Lemna <i>Minor</i> en las Lagunas Piloto.....	26
Figura10.	Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológicos del agua residual de Lagunas de oxidación de táchala-castilla realizados por EQUAS S.	60
Figura11.	Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológicos del agua residual tratada por el sistema fitorremediador piloto realizado por EQUAS S.A.....	61
Figura12.	Certificado de validación de Instrumento de Investigación	62
Figura13.	Pertenencia de los ITEMS.....	63
Figura14.	Informe de Juicio sobre Herramienta de Investigación Científica	64
Figura15.	Ficha de registro de campo.....	65
Figura16.	Ficha de registro de Campo Sistema Fitorremediador	66
Figura17.	Ficha de control de crecimiento de la planta <i>Lemna Minor</i>	67
Figura18.	Construcción de las dos lagunas pilotos del sistema fitorremediador.....	68
Figura19.	Observación de campo de la laguna de oxidación y del canal de concentración de <i>Lemna minor</i>	69
Figura20.	Monitoreo de la evolución de la especie.....	70
Figura21.	Extracción de muestras de las aguas residuales del sistema fitorremediador Piloto.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico1. Concentración de grasas y aceites	34
Gráfico2. Concentración demanda bioquímica de oxígeno	35
Gráfico3. Concentración demanda química de oxígeno	36
Gráfico4. Concentración sólidos totales en suspensión	37
Gráfico5. Temperatura	38
Gráfico6. Concentración de coliformes totales	39
Gráfico7. Concentración de coliformes termotolerantes	40
Gráfico8. PH	41

RESUMEN

En esta investigación se propuso evaluar el efecto fitorremediador y capacidad de absorción de la especie *Lemna Minor*, como alternativa tecnológica para el tratamiento de aguas residuales de la laguna de oxidación de A.H Táchala- castilla Según, Elisa Yohany Troncos Guerrero (2018, p.11) La situación que genera un gran problema de contaminación, es que las aguas residuales supuestamente tratadas de los distritos de Piura y castilla son usadas en los campos de cultivo y a veces desembocan en el río Piura de forma indiscriminada. A todo esto, es necesario complementar el proceso con una mayor inversión en plantas de tratamiento para su mejor beneficio. Cabe resaltar que en la investigación se llevó a cabo una evaluación de campo dividida en cuatro visitas programadas (1 por semana); las cuales permitieron identificar el desarrollo presencial del trabajo de investigación, las cuales se podían identificar en campo como: Ph, temperatura, olores, color inusual de aguas, proliferación de algunos vectores, en las lagunas de oxidación de táchala – castilla se pudo visualizar la infiltración de aguas residuales, y por último el uso del agua residual para riego de plantas de tallo corto. Así también por acceso denegado a realizar el proyecto en la misma laguna de oxidación se diseñó un sistema de lagunas de oxidación piloto, con medidas de 2 m ancho x 2 m x1 m de profundidad en un terreno del AA. HH los médanos – castilla. Posteriormente el agua residual de las lagunas de oxidación de Táchala - Castilla fue recolectada y trasladada en la laguna piloto numero 01 con la especie fitorremediadora *Lemna minor*, las plantas fueron recolectadas del canal norte, carretera Marcavelica-Sullana (costado del río Chira), la fase de experimentación duro 1 mes. Según los resultados obtenidos: 1 muestreo inicial (aguas de las lagunas de oxidación táchala – castilla laguna 01) y 1 muestreo final (aguas sistema fitorremediador piloto, laguna numero 02) se observó que el sistema fitorremediador fue efectivo, ya que cumplen con los parámetros establecidos por el D.S N° 003 - 2010 de los Límites Máximos Permisibles del Perú.

Palabras claves: Fitorremediación, Lemna minor, Aguas residuales

ABSTRAT

In this research, it was proposed to evaluate the phytoremediation effect and absorption capacity of the *Lemna Minor* species, as a technological alternative for the treatment of wastewater from the oxidation lagoon of A.H TÁCALA-castilla. According to Elisa Yohany Troncos Guerrero (2018, p.11) The situation that generates a great pollution problem is that the supposedly treated wastewater from the districts of Piura and Castilla are used in the cultivation fields and sometimes flow into the river Piura indiscriminately. To all this, it is necessary to complement the process with a greater investment in treatment plants for its best benefit. It should be noted that the research carried out a field evaluation divided into four scheduled visits (1 per week); which allowed to identify the face-to-face development of the research work, which could be identified in the field as: Ph, temperature, odors, unusual color of water, proliferation of some vectors, in the oxidation lagoons of tacala - castilla it was possible to visualize the infiltration of wastewater, and finally the use of wastewater for irrigation of short-stemmed plants. Also, due to access denied to carry out the project in the same oxidation lagoon, a pilot oxidation lagoon system was designed, with measurements of 2 m wide x 2 m x 1 m deep in a field of the AA. HH los médanos - castilla. Subsequently, the residual water from the oxidation lagoons of TÁCALA - Castilla was collected and transferred in the pilot lagoon number 01 with the phytoremedial species *Lemna minor*, the plants were collected from the north channel, Marcavelica-Sullana highway (side of the Chira river), the experimentation phase lasted 1 month. According to the results obtained: 1 initial sampling (waters of the oxidation lagoons tacala - castilla lagoon 01) and 1 final sample (waters of the pilot phytoremediation system, lagoon number 02) it was observed that the phytoremediation system was effective, since they comply with the parameters established by Supreme Decree No. 003 -2010 of the Maximum Permissible Limits of Peru.

keywords: phytoremediation , Lemna minor, sewage water

I INTRODUCCIÓN

Según (ONU, 2003). Citado por Jesús Rascón, Roicer Collazos Silva, Edith Calderón, Rosmery Yakelini Ayala Tocto, (2018, pág. 49), especifica que el agua es el medio natural más valioso para la vida de los seres humanos, únicamente no solo para consumo, sino de la misma manera para realizar un sin número de procesos industriales y agrícolas.

Por lo consiguiente, según (Poveda, 2014), citado por Dayana Mishell Robalino Camacho (2020, pág. 3), la fitorremediación, es el tratamiento de aguas residuales a través de estanques con plantas acuáticas, este ha despertado un gran interés en investigación por su potencial que muestra en la depuración.

Cabe señalar que los agentes contaminantes en el ambiente son una gran amenaza para nuestro entorno, por ende, se ha desarrollado una variedad de herramientas ambientales para minimizar los agentes contaminantes que son perjudicial para nuestro medio ambiente. Los métodos convencionales tienden a ser muy costosos, sin embargo, existen estas herramientas ambientales que suelen a ser más afectivas y de bajo costo teniendo como resultados óptimos.

Así también de la misma manera (Delgadillo, Gonzales, Prieto, Villagómez, & Acevedo, 2011), citado por (Dayana Mishell Robalino Camacho, 2020 pág. 1), aporta que la fitorremediación es un proceso biológico que realizan ciertas plantas para estabilizar, absorber, acumular, y metabolizar contaminantes vigentes en agua aire, suelo y sedimentos como: compuestos orgánicos e inorgánicos con el propósito de disminuirlos.

Hay que tener en cuenta también de acuerdo a (Flores E. 2012) citado por Ayay Tongombol, Jackson David (2019, pág. 4), haciendo uso de la planta *Lemna minor*, podemos encontrar microorganismos productivos ligados a las raíces que ayudan a descomponer y arraigar distintos contaminantes.

El presente trabajo de investigación sobre el efecto fitorremediador de *Lemna minor*, en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Táchala-Castilla. fue propuesto para encontrar una alternativa de solución para el tratamiento de las mismas teniendo como misión disminuir los niveles de contaminación.

Por esta razón se determina según (Cherian & Margarita, 2005), citado por Avila Carhuallanqui, G.M, Velít Villareal, C., & Avila Pichiule, L. E. (2021, pág. 102), posteriormente que la fitorremediación, es un método de bajo precio, la cual utiliza

plantas para fijar, convertir o descartar contaminantes situados en agua, suelo o sedimentos, así también las plantas brindan nutrientes para las colonias microbianas de la rizosfera, que posteriormente crecen exponencialmente y proporcionan una mejor desintoxicación del contaminante.

Realidad problemática. La problemática ambiental que atraviesan las aguas de las lagunas de oxidación Tápala – Castilla, es altamente crítica. Ya que no existe una gestión adecuada para el tratamiento correcto de sus aguas, trayendo como consecuencia contaminación ambiental.

De acuerdo a lo que comenta (Villanueva & Yance, 2017), citado por Dayana Mishell Robalino Camacho (2020, pág. 12), cabe señalar, que el agua puede intervenir como medio de contagio, se puede propagarse por medio de alimentos infectados por riego con aguas residuales. Por lo consiguiente, algunos peces captan poliomielitis, que al ser ingerido por humanos contraen una serie de enfermedades, sumado a esto algunos insectos portadores de paludismo o fiebre amarilla.

Lo más perjudicial es que la mayoría de pobladores utilizan las aguas de las lagunas para riego de sus cultivos, que luego son cosechados y comercializados a diferentes puntos de venta, donde la mayoría de clientes obtienen productos contaminados, dañinos y perjudiciales para su salud.

Posteriormente la técnica de fitoextracción es una oportunidad de mitigación para la contaminación de las aguas de las lagunas de oxidación de Tápala – Castilla.

Tomando en cuenta el marco legal, reforzamos que según la (Ley N° 28611.- Ley General Del Ambiente, en su Art. 1, Minam, 2005), establece que toda persona tiene derecho a un entorno limpio, equilibrado y acogedor para desarrollar sus actividades cotidianas. Al mismo tiempo tiene la responsabilidad de velar por un trato amigable y contribuir a la mejor calidad del ambiente.

De la misma manera se contempla que la (Ley N° 2338 Ley de Recursos Hídrico, ANA, 2019), la cual organiza el acceso y administración del suministro líquido vital superficial, continental, subterráneo, marítima y atmosférica. Promoviendo su cuidado y uso responsable.

Cabe señalar que en el (D.S N° 002-2008 – MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua), haciendo uso de su fin principal, de determinar los rangos de concentración de sustancias, parámetros biológicos, químicos y físicos presentes en los cuerpos de agua siendo el cuerpo destinatario y elemento fundamental de los ecosistemas acuáticos, que no simboliza exposiciones significativas para las personas ni medio ambiente.

Así también se aprecia en el (D.S N° 003 – 2010 – MIMAN, Límites máximos permisibles (LMP) para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales (PTAR) para el sector vivienda), siendo su propósito inspeccionar el desorden de los grados de concentración de componentes químicos, biológicos y físicos vigentes en emisiones o efluentes, para minimizar impactos negativos a la salud y ambiente.

Según, (Guillermina Baena paz 2017, pág. 55), La formulación del problema es un procedimiento donde se fragmenta la sinceridad en la mente con el propósito de orientar la atención a una parte detallada de la misma. Es decir, tenemos que desconocer los otros componentes y relaciones que en ese instante no suelen ser fundamentales para nuestra investigación.

De acuerdo a la investigación se formula el siguiente problema ¿*Lemna minor*, tendrá un efecto fitorremediador eficiente en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla?

Posteriormente entre los problemas específicos, encontramos, ¿Las aguas de las lagunas de oxidación de Táchala-Castilla no cuentan con un análisis FODA para conocer sus fortalezas y debilidades? Así también, ¿No existen antecedentes de fitorremediación con alguna especie en aguas de las lagunas de oxidación Táchala-Castilla? Por lo tanto, ¿Si no se realiza un monitoreo de la especie fitorremediadora, no se sabrá su capacidad de absorción?

La investigación es de suma importancia, por lo que la justificación según (Poveda, 2014, citado por Dayana Mishell Robalino Camacho, 2020, pág. 3), refiere que las ciencias aplicadas han sido indagadas y empleadas en países potencia para el tratamiento de aguas residuales podrían ser muy útiles, pero los precios son muy elevados, motivo por el cual se hace hincapié a la búsqueda y desarrollo de sistemas alternos que garanticen la eficacia y el bienestar de la población y medio ambiente.

Para Roberto Hernández Sampieri, (2014, pág. 73), muestra el porqué de la investigación, señalando sus razones. Donde refiere también, que, mediante la justificación, se demuestra la importancia del estudio.

Por lo consiguiente según (Martins & Palella, 2012, p. 61), citado por (Eliana Esther Gallardo Echenique 2017, pág. 50), describe si el resultado de la investigación tiene una atribución detallada y puede permitir suponer cuáles serán esos resultados y si el beneficio del estudio permitirá a mejorar temas y procesos). La justificación responde, en directrices generales, a tres fases: Justificación teórica: destinado a destacar los supuestos que buscan indagar el estudiador, sea para producir la reflexión y el debate académico sobre el entendimiento real, probar una teoría, verificar productos o encontrar nuevas aclaraciones del conocimiento existente. Justificación metodológica: relacionado al uso o sugerencia de metodologías, tácticas y practicas específicas que pueden crear entendimiento válido y confiable; o ayudar de aporte y utilización para otros estudiadores que aborden problemas similares. Justificación práctica: cuando su crecimiento aporta a solucionar un problema concreto, que afecta directa e indirectamente a una actualidad social, o por lo menos, sugieren tácticas que al atribuirse colaboraran a resolverlo (Bernal, 2010; Martins & Palella, 2012), citado por (Eliana Esther Gallardo Echenique 2017, pág. 33)

El siguiente trabajo de investigación cuasiexperimental, tiene como propósito aportar como medida de alternativa disminuir la contaminación de aguas residuales y obtener resultados que puedan favorecer la calidad de las aguas con una técnica natural como es la fitorremediación. Comprobar que se puede aplicar y brindar beneficios ambientales positivos con inversión económica al alcance de todos.

De acuerdo, a (Guillermina Baena paz 2017, pág. 58), Los objetivos, son los más complicados de realizar en un estudio, se equivocan mucho con actividades que se ejecutaran para llegar a la meta final, lo que tienes que recordar es que constantemente los objetivos contestan al para qué.

En ese sentido se plantea como objetivo general determinar el efecto fitorremediador de *Lemna minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.

Como objetivos específicos se plantean: Elaborar un análisis FODA sobre las aguas de lagunas de oxidación de Tácala-Castilla, Introducir la especie fitorremediadora *Lemna minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla, Monitorear la especie fitorremediadora para realizar los análisis correspondientes.

Por otro lado, según (Guillermina Baena paz 2017, pág. 57), la hipótesis es el nexo preciso entre investigación y la teoría, la cual conduce al hallazgo de hechos nuevos. Por el cual, recomienda aclaración a tales acontecimientos e instruye la investigación a otros más.

Con respecto a la Hipótesis de la investigación se efectúa la siguiente, El efecto fitorremediador de *Lemna minor* podría disminuir el grado de contaminación de aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla. Además, Elaborando un análisis FODA podríamos determinar las fortalezas y debilidades de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla. Por lo consiguiente, Introduciendo *Lemna minor* en aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla se analizará su adaptación al sistema hídrico. En conclusión, Realizando un monitoreo a la especie fitorremediadora se conocerá su capacidad de absorción.

II MARCO TEÓRICO

Realizada la investigación de fitorremediación se cita algunos autores que enriquecen el contenido, tomando en cuenta su aporte, empezamos con (Ayay Tongombol, Jackson David, Perú 2019. Pág. vii), quien empleo uno diseño experimental. El cual hace referencia de acuerdo a su modelo de estudio, obtener mediante una serie de análisis biológicos y químicos, los valores de contaminación de aguas residuales de la Granja Porcón en Cajamarca. para el tratamiento de sus aguas utilizo dos especies *Lemna minor* y *Pistia Stratiotes*; ya que sus aguas excedían los Límites Máximos Permisibles (LMP). Así también se estableció un periodo de 30 días para el proceso de Fito depuración, donde se realizaban análisis de parámetros biológicos y físicos mediante tres muestras (1,2,3). Posteriormente los resultados obtenidos, según análisis, la muestra 1y2 conteniendo tanto *Lemna minor* como *Pistia Stratiotes* exceden los LMP, sin embargo, la muestra 3 para *Lemna minor* se encuentra debajo de los LMP en los parámetros de Aceites y Grasas, DQO, Coliformes Termotolerantes, DBO, Sólidos Suspendidos Totales. En comparación con *Pistia Stratiotes* que los siguientes parámetros, Coliformes Termotolerantes, Solidos Suspendidos Totales, Aceites y Grasas, se ubican dentro de los LMP, sin embargo, DQO y DQO se encuentran fuera de los LMP establecidos, en conclusión, en le investigación se obtuvo como efecto que la especie *Lemna minor* es más competente en remediación de aguas residuales que *Pistia Stratiotes*.

Así también, cabe resaltar el trabajo de investigación de (Dayana Mishell Robalino Camacho, 2020. Pág. 6), Fue establecer como incurre el método de fitorremediación por medio de *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en la reducción de valores de parámetros químicos, físicos en PTARM del recinto Pita del cantón Caluma, provincia Bolívar, año 2020. La metódica es cuasi experimenta. Al comienzo del ensayo las plantas disminuyeron en estados naturales hasta alcanzar la cantidad suficiente y después ser transportadas hacia la planta para extraer las muestras suficientes que se dieron en 3 puntos, en presencia y carencia de la especie jacinto de agua luego de 10 días de haber estado dentro de la planta de tratamiento. Se probó por medio del proceso de fitorremediación con el empleo de *Eichhornia crassipes*, la suficiencia de inmovilizar los parámetros más característicos como DQO, DBO en tanto, en los demás parámetros Solidos totales,

nitritos, conductividad eléctrica y pH no muestran un cambio debido a elementos externos como clima (precipitaciones) definido en el proyecto.

De la misma manera, haciendo uso de su modelo de investigación (Rosmery Yakelini, Ayala Tocto, Edith Calderón Ordoñez, Jesús Rascón, Roicer Collazos Silva, 2018. Pág. 48), en el cual se utilizó un diseño experimental, donde se implementó un método de fitorremediación a nivel piloto de laboratorio para determinar la acción de remoción de contaminantes de las plantas *Nymphoides humboldtiana*, *Nasturtium officinale* y *Eichhornia crassipes*. El cual consta de cuatro estilos de procedimiento continuo: cuenta con un reservorio para cada cisterna, el que simula una laguna chica con agua estancada. En los tres primeros sistemas de tratamiento se cultivaron las especies *Nasturtium officinale*, *Eichhornia crassipes*, y *Nymphoides humboldtiana*. En el cuarto sistema de tratamiento no se consideró ninguna especie fitorremediadora ya que era llamado medio de control. El elemento líquido residual fue recolectado de la quebrada santa lucia, en la cual descargan las aguas servidas de la vivienda, para verificar la eficacia de sustracción de contaminantes se planifico evaluaciones cada 15 días, por cuatro meses. Los parámetros analizados fueron Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), pH, Temperatura, Sólidos totales, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBQ5), Coliformes fecales.

Según los resultados obtenidos, se prueba que la calidad de las aguas tratadas cumple en su gran mayoría con los límites Máximos Permisibles (LMP) por la legislación ambiental peruana, la especie que más remoción de contaminantes realizó fue *Eichhornia crassipes* en parámetros químicos (DBO, DQO), la especie *Nymphoides humboldtiana* obtuvo mejor remoción de parámetros físicos y microbiológicos.

Hay que tener en cuenta el aporte de (A. García- Valero¹, S. Martínez-Martínez, M.A. Terreno, A. Faz, M.A. Muñoz, M. Gómez Garrido, J.A. Acosta, 2019, pág.1), en su trabajo de investigación utilizó un diseño experimental, donde especifica que la recuperación de aguas en lugares de escasez, se utiliza tratamientos químicos y físicos como todo sistema de tratamiento agrupado a otras tecnologías que logran

su reutilización. El sistema de tratamiento aplicado fue un humedal artificial extendido de flujo de elemental. La especie escogida por su capacidad de remoción de contaminantes y adecuación al clima fue *Phragmites australis* (carrizo común), en sus aguas se analizaron los siguientes parámetros fosforo (P), cromo (Cr), nitrógeno Kjeldahl (NK), boro (B), donde se comparó su eficacia, también se analizó el poder de absorción en partes radicular y aérea de la especie. Según los resultados presentados identificaron los grados de contaminantes en las aguas fueron minimizados en los dos tiempos de retención hidráulicos (TRHs), cabe señalar que el más seguro para TRH = 3 días con poder de eficacia de absorción de (P= 78, Cr= 36%, B= 13, NK= 9,8) respectivamente. así también en el caso de *P. australis* en la parte aérea para P y B, NK salieron mayores a los 7 días. Por otro lado, el Cr fue inmovilizado efectivamente en 3 días. En conclusión, la especie fitorremediadora ideal que disminuye efectivamente los contaminantes en aguas residuales es la *P. australis*

Mediante la investigación encontramos teorías relacionadas como: taxonomía de *Lemna minor*. De acuerdo al estudio realizado según (university of florida, 1990, pág. 39), citado por Sarango Araujo Órnela y Piedad Sánchez Ramírez José Armando, 2016, pág. 10), posteriormente *Lemna minor*, es una planta acuática macrofita de hojas ovaladas planas, su tamaño esta entre los 0.1cm a 2cm , tiene que tener luz intensa para su rápido crecimiento y reproducción, su temperatura puedes ser 15 – 25 °C, esta especie flota libre en aguas de cursos lenticos, a pesar que flota tiene su tallo dividido de sus hojas, la cual es una unión conocida como fronda.

Para (Flores E. 2012), citado por Ayay Tongombol, Jackson David, 2019, pág.4), Cabe señalar que la *Lemna minor* es una planta que muestra una agrupación demasiado simple con un desarrollo muy veloz en todo el mundo, es una especie que puede flotar, sin embargo, no cuenta con tallo, sino una unión llamada fronda, su tamaño oscila entre 0.11 – 2.1 cm.

Tratamiento de aguas residuales. De la misma forma hace referencia (Ramalho R. 1996), citado por Ayay Tongombol, Jackson David, 2019, pág. 5), el procedimiento de tratar aguas residuales constituye un conjunto de procesos biológicos, químicos y físicos vigentes en el agua de uso residual humano. Las aguas residuales deben pasar por procedimientos, que tienen que asegurar la estabilización o erradicación de los contaminantes como lo pide las normas ambientales actuales. la realización de algún tipo de procedimiento, principalmente está relacionado por contaminante a mitigar del grado de caudal a trabajar.

Tratamiento físico. Haciendo uso de los tipos de tratamientos (Ramalho R. 1996), citado por Ayay Tongombol, Jackson David, 2019, pág. 5), muestra la función de quitar los residuos sólidos más grandes y a la vez disminuir los niveles de cargas orgánicas. Dentro de estos tratamientos se encuentran la filtración, floculación, flotación, coagulación, absorción, precipitación, solidos suspendidos en las aguas residuales.

Tratamiento químico. Zayed De la misma forma, según (Metcalf E. 1995), citado por Ayay Tongombol, Jackson David, 2019, pág. 6), la metodología consta de una fuerza ligera e incremento de temperatura hacia los contaminantes, movilizándolos a una mineralización total llamada oxidación química o hidroxilo (OH).

Tratamiento biológico. Tomando en cuenta los dos tipos de tratamientos anteriores se presenta el tercer tipo de tratamiento según (Metcalf E. 1995), citado por Ayay Tongombol, Jackson David, 2019, pág. 6), quien comenta que existen bacterias principales en este procedimiento que se encargan de degradar la materia orgánica del agua residual, pues esta materia orgánica es utilizada como principal base de energía por macroorganismos presentes.

Cabe señalar que dentro del proceso encontramos los siguientes parámetros físico microbiológicos, según Orellana, 2005, pág. 2), citado por Sarango Araujo Órnela y Piedad Sánchez Ramírez José Armando, 2016, pág. 16), pH, define el número de iones de hidrogeno que se encuentra en las aguas en un grado de 0 cuando es muy acido y 14 cuando es muy básico. Muy importante saber que este valor es fundamental en la reproducción de microorganismos, en alguno de los sucesos son

perjuiciosos para equipos de bombeo y cañerías donde entran en contacto en su proceso de disposición final.

según (university of florida, 1990, pág. 39), citado por Sarango Araujo Órnela y Piedad Sánchez Ramírez José Armando, 2016, pág. 10), la especie *Lemna minor* cuenta con una temperatura que puede ser de 15 – 25°C. Los sólidos suspendidos, son observables y están casi siempre flotando entre la superficie y el fondo de las aguas residuales, estos a través de procesos mecánicos o físicos, como sedimentación y filtración pueden ser extraídos.

Hay que tener en cuenta, lo que dice según (Metcalf E. 1995), (citado por Ayay Tongombol, Jackson David 2019, pág. 7), este es el parámetro que mide la concentración de oxígeno que requieren las bacterias para reducir la materia orgánica.

En efecto los coliformes totales según (Metcalf E. 1995) citado por Ayay Tongombol, Jackson David 2019, pág. 7), por lo general estos se encuentran en heces fecales y en el ambiente, en elevadas concentraciones, también son bacilos, aerobios como anaerobios que pueden desarrollar en cualquier materia contaminante. Mientras tanto los coliformes fecales, de acuerdo al mismo (Metcalf E. 1995), citado por (Ayay Tongombol, Jackson David 2019, pág. 7), la presencia de estos microorganismos indica un riesgo enorme para la salud en cualquier ambiente, se localizan por general en las heces animales.

Los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), según (Metcalf E. 1995) citado por Ayay Tongombol, Jackson David 2019, pág. 7), nos indica según su investigación que es el oxígeno fundamental para lograr oxidar la materia orgánica, se muestra en la siguiente expresión mg/l.

III METODOLOGÍA

Según (Asensi-Artiga & Parra-Pujante, 2002, p. 12), citado por (Eliana Esther Gallardo Echenique 2017, pág. 13). La investigación es la herramienta que ayuda a las personas a conocer, entender, convertir, y explicar la realidad. Su desarrollo es imprescindible en la averiguación de recientes conocimientos (Monje-Álvarez, 2011). Al iniciar los estudiantes en el entendimiento de la investigación científica, “es fundamental insertarlos en el análisis de la naturaleza de la ciencia y cada uno de los componentes que consiguen el desarrollo de sus objetivos”.

Así también, de acuerdo a (Ñaupas-Paitán, Mejía-Mejía, Novoa-Ramírez & Villagomez-Páucar, 2014, p. 87), citado por (Eliana Esther Gallardo Echenique 2017, pág. 13), es un procedimiento investigativo, mental, de naturaleza social, lógico, planeado, y en algunos casos controlable que atribuye estrictamente al método científico, para probar o evidenciar hipótesis o teorías deficientemente experimentadas, sobre las peculiaridades, causas, efectos o relaciones de los hechos, acontecimientos o procesos de la sociedad, el pensamiento y la naturaleza.

3.1 Tipo y diseño de la investigación:

Cabe señalar de acuerdo a (Edison Damián Cabezas Mejía; Diego Andrade Naranjo y Johana Torres Santamaría 2018, pág. 19), según el criterio se fraccionan en dos procedimientos cuantitativos y cualitativos. En el método cuantitativo; se reúnen los datos para demostrar la hipótesis, con fundamento en la medición numérica y estudio estadístico, para definir patrones de conducta y probar teorías. Para el método cualitativo; se reúnen los datos, sin medición numérica, para inventar o perfeccionar preguntas de estudio en el proceso de explicación.

Según, (Tamayo, 2003, pág. 46,47,17), citado por (Eliana Esther Gallardo Echenique 2017, pág. 17). La indagación histórica aplica la experiencia pasada; se emplea a cualquier tipo de doctrina científica (medicina, derecho etc.), no solo a la historia. La indagación descriptiva, “abarca la representación, registro, observación y explicación de la naturaleza presente, y la estructura o procesos de los acontecimientos “. La indagación experimental, “se manifiesta por medio del manejo de una variable experimental no confirmada, situaciones estrictamente controladas, en la finalidad de averiguar de qué modo o por qué motivo se provoca una situación o suceso particular”. Este modelo de indagación muestra diversas clases de diseños (experimentales, cuasiexperimentales, preexperimentales).

Según Gómez y Roquet (2008, pág. 124), citado por (Edison Damián Cabezas Mejía; Diego Andrade Naranjo y Johana Torres Santamaría 2018, pág. 41), El estudio experimental se basa en el empleo de una o más variables experimentales no confirmadas, en estados estrictamente controlados, con la finalidad de especificar de qué forma o porque motivo se produce un acontecimiento particular. El ensayo inducido por el investigador, le cede introducir variables definidas de investigación manipuladas por él, para observar el aumento o decrecimiento de esas variables y su consecuencia en las conductas examinadas.

de acuerdo a los procedimientos del proyecto, el tipo de investigación es aplicada. Según, (Reglamento RENACYT, 2008, pág. 2), y su diseño es cuasi experimental.

3.2 Variables y operacionalización:

De la misma manera el autor (Arias, 2012, pág. 57), Citado por (Edison Damián Cabezas Mejía; Diego Andrade Naranjo y Johana Torres Santamaría 2018, pág. 56), determina que la variable es “una peculiaridad o condición; volumen o cantidad, que lograría soportar cambios, y que es asunto de análisis, tratamiento, valoración, control e indagación”. En consecuencia, las variables son peculiaridades que distinguen a los animales, cosas o a las personas. Para que se elabore un hecho tiene que existir un motivo.

Por otro lado, (Edison Damián Cabezas Mejía; Diego Andrade Naranjo y Johana Torres Santamaría 2018, pag.60), describen la operacionalización de variables como un procedimiento que vincula las variables complejas y busca implantar significado a conclusiones concretas, medibles y visibles, mediante la operacionalización de los pensamientos e indicadores y variables que sean capaces de medirlos. Al medir las variables complicadas en otras capaces de realizar una medición empírica; en el procedimiento se observa a las variables que se desordenan en otras más detalladas llamadas dimensiones o categorías; al mismo tiempo se convierten en indicadores, que admiten la observación directa

Según, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 40), en este modelo de indagación, el examinador puede elegir por medir variables de forma dependiente o independiente; ósea, una variable puede someterse a otra, lo que se nombra variable dependiente, (en estudios cuantitativos) talvez se puede buscar cómo se manifiestan en paralelo (sucede en estudios cualitativos). Tomando en consideración los ejemplos precedentes de investigación cuantitativa, examinamos las variables planificadas (independientes). Para este tipo de investigaciones, es beneficioso hacer una evaluación de relación de variables.

Por lo consiguiente, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 59), expresa que, en la indagación de temperamento experimental, el analizador usa dos ideas: la variable dependiente se mide, y la independiente se manipula, pues, en los diseños existe una clase designada, cuasiexperimental, que hace mención a aquellas indagaciones experimentales donde el analizador no tiene la seguridad total de la variable.

en este sentido se plantea como variable independiente, Efecto fitorremediador de *Lemna minor*. Y como variable dependiente, Disminuir el alto grado de contaminación de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.

Según (Arias, 2012, pag.61), citado por (Johana Torres Santamaría; Diego Andrade Naranjo y Edison Damián Cabezas Mejía 2018, pág. 59), contemplan que el indicador es la señal, suposición, o la unidad de medida que describe estándares para medir el desarrollo y alcance de un estudio en este campo se define que a través de la investigación de indicadores, se analiza las magnitudes de manera detallada de cada variable relevante , en otras palabras una aproximación al acontecimiento de investigación planeado.

Los indicadores por utilizar para campo son (tiempo, cantidad de plantas, Ph, temperatura, solidos suspendidos, DBO, DQO, coliformes totales, solidos totales en suspensión aceites y grasas).

De acuerdo a lo referido por, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 67), quien comenta que instrumento es cualquier documento,

,formato o recurso, que se requiere con el fin adquirir, almacenar o registrar información conformado por un grupo de ítems organizados de una manera precisa, existen tres tipos de escalas de medición: Escala nominal: se consignan clases diferentes que no incluyen un orden específico. Escala ordinal: Se plantean escalas con dos o más niveles que involucran un orden vinculado entre sí. Escala de razón: cuenta con las mismas peculiaridades de las variables de intervalo, pero disponen con un cero absoluto; manifiesta, el valor cero (0) simboliza la escasez total de medida. Escala intervalo: constituye el espacio entre una medida y otra. En este modelo de variable se pueden hacer paridades de igualdad/desigualdad y constituir un orden en sus valores.

3.3 Población, muestra y muestreo:

Según, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 63), Población y muestra, pertenece al grupo de sujetos que tienen o distribuyen peculiaridades comunes para una investigación. La población “es el universo de preparación de la investigación, sobre el cual se busca universalizar los resultados, formada por peculiaridades o estratos que le sirven para diferenciar los sujetos unos de otros” (Chávez, 2009). En cambio, la muestra es una parte o un subgrupo de la población que escoge el estudioso como unidades o componentes para la investigación para conseguir información leal y representativa.

Según (Otzen y Manterola, 2017), citado por Fernando Alexis Nolazco Labajos, María Auxiliadora Guerrero Bejarano, Luis Sicheri Monteverde, Kelly Milagritos Casana Jara, Irma Milagros Carhuancho Mendoza, 2019 pág. 56) Muestreo imprevisible simple, es definido, ya que todos los integrantes de la población podrían ser constituyentes de la muestra, su fórmula es:

$$n = \frac{NZ^2 * p * q}{e^2 (N-1) + Z^2 * p * q}$$

<i>N = población</i>
<i>Z = valor e Z bajo la curva de la normal</i>
<i>p = nivel de significancia</i>
<i>q = nivel de confianza</i>
<i>e = precisión o error</i>

Dentro de la investigación se determinó como población, Asentamiento Humano Táchala-Castilla. Ya que existe gran impacto sobre esta gente, las aguas contaminadas producen malos olores, algunos vectores e insectos portadores de enfermedades. Cabe resaltar que algunos pobladores utilizan estas aguas para regar cultivos de tallo corto (hortalizas) para luego ser comercializadas al mercado más cercano, atentando contra la salud de las personas. Como muestra, las aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Táchala-Castilla. Todo esto a través de un muestreo de aguas no probabilístico por conveniencia, para luego mediante la unidad de análisis parámetros (Parámetros: Aceites y Grasas, Coliformes totales/termotolerantes, DBO, DQO, Solidos disueltos suspendidos, PH, Temperatura) de calidad según legislación ambiental peruana.

Asentamiento Humano Táchala – Castilla, Piura.

De acuerdo a la localización del objeto de estudio, Táchala, es el primer Asentamiento Humano del sector Nor-Este del distrito de Castilla, Táchala es uno de los 38 asentamientos humanos del distrito de Castilla, ubicado departamento de Piura, en la ciudad de Piura al norte del Perú, situado entre los 5' 11" 5" de latitud y los 80' 57" 27" de longitud del meridiano de Greenwich y a 32 m.s.n.m.

Limita en el Sur: Distrito de Catacaos, norte: distrito de Tambogrande Este: Distritos de Tambogrande y Chulucanas, Oeste: Distrito de Piura

En enero del 1973 se reconoce formalmente como Pueblo Joven a la Agrupación de Vivienda tácala, hoy Asentamiento Humano Táchala se expide la Resolución Directoral Nro. 034-73-0R-I.

Figura1. AA.HH Táchala -Castilla



Fuente: Google Earth-2019

Lagunas de Oxidación de Táchala- Castilla, Piura.

presenta 1 lagunas primaria y 1 laguna secundaria ambas con área total de 1,15 ha tipo facultativa, situada dentro de la localidad de Castilla, está equipada con una infraestructura tipo Laguna Facultativas; Actualmente se encuentra operativa con un estado regular de conservación. Tiene un caudal de operación actual de 0,05 m³/ s. Planta Residual Piura - Táchala (Castilla), siendo su operador le empresa ESP GRAU S.A.

Figura2.

Lagunas de Oxidación Tácala-Castilla



Fuente: Google Earth-2019

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Según, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 64) Técnica e instrumento en investigación, se comprende como el grupo de pautas y métodos que le ayudan al estudiaador a constituir la relación con el objeto o sujeto del estudio. Por su parte, la herramienta es el instrumento que utiliza el estudiaador para recopilar y registrar información de acuerdo a la validez de datos de información es eficaz y veras manifestado por la empresa EQUAS S.A

la técnica que se utilizara en el presente trabajo de investigación es la observación en campo, donde se procederá a realizar visitas al lugar donde se efectuara el proyecto, y a la vez aplicar el llenado de las fichas de registro de campo, también ver la manera de dialogar con los pobladores de los impactos y los “supuestos beneficios” que según ellos les dan esas aguas residuales. para luego realizar análisis a las aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla. Concluyendo en comparación de datos bajo parámetros y los (LMP) para agua, dando como resultado la efectividad fiorremediador de *Lemna minor*.

Entre los instrumentos de recolección de datos se trabajará con los siguientes: cuestionario, registro de campo, cuaderno de campo, pHmetro, termómetro, GPS, frascos esterilizados, cooler para cadena fría, gel pack, lentes, guantes, cámara digital.

Según, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 65) la validez, es la eficacia del dispositivo para medir lo que en realidad se busca calcular. Los productos dados por la herramienta deben mostrar la conducta verdadera de la posición que se pretende examinar. también, este debe diferenciar los siguientes elementos: validez de criterio, validez de contenido y validez de constructo.

De acuerdo a la validez de los datos de la información obtenido es veras y transparente manifestado por la empresa EQUAS S.A.

La validez del instrumento de recolección de datos (fichas de campo), es fidedigno firmado y sellado por el profesional experimentado a cargo.

La validez del presente trabajo de investigación será obtenida por medio de la comparación de los resultados de análisis efectuados en laboratorio, para después lograr compararlos con los limite máximos permisibles (LMP) establecidos por la normativa vigente peruana.

3.5 Procedimientos:

Según, (Vivanco,2017), citado por (Alvarado Chilcon, Janeth, Manayay Peralta, Jheyimi, 2020), Los procedimientos, son un grupo de instrumentos de respaldo, las cuales se debe seguir de forma clasificada, es decir lleva un orden que ayuda a tener información ordenada, sistemática y objetiva, por lo tanto, se recopila información precisa para la adquisición de un resultado.

Construcción de las lagunas piloto:

Lagunas Piloto: Para poder evaluar el efecto fitorremediador de la lenteja de agua en las aguas de las lagunas de oxidación de Táchala-Castilla, se construyeron dos lagunas piloto en las cuales se colocó el agua residual provenientes de las lagunas de oxidación de Táchala-Castilla; en estas lagunas piloto se introdujo la lenteja de agua para realizar su evaluación y monitoreo.

Características Generales:

- **Ubicación:** Están ubicadas en el AA. HH. Las Mercedes-Castilla.
- **Tipo de suelo:** El suelo es arenoso lo cual dificultó un poco al momento de cavar ya que se derrumbaba, para facilitar el trabajo se mojó la arena por un día para que se fortaleciera la estructura.

Características de las Lagunas Piloto: En esta figura se representan las medidas de las lagunas piloto, se construyeron dos lagunas, las cuales tenían dos metros de largo por dos metros de ancho y un metro de profundidad.

Figura3. Dimensiones de las Lagunas Piloto

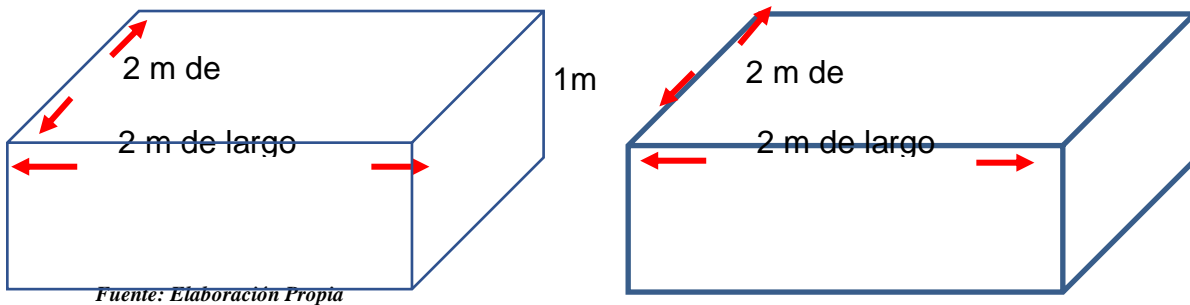
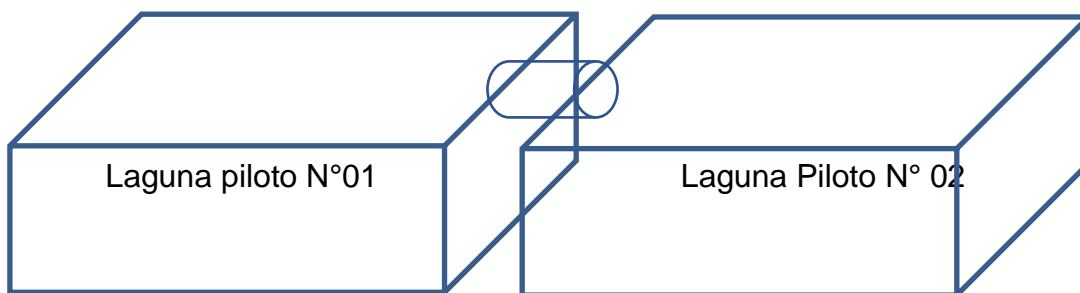


Figura4. Diseño del Sistema de Lagunas Piloto



Las dos lagunas piloto se conectaron a través de un tubo PVC de 2 pulgadas, por donde pasa el agua de la laguna piloto N°01 hacia la laguna piloto N°02, se hizo un pequeño desnivel de agua para crear un efecto de caída que oxigena el agua residual dando condiciones adecuadas al crecimiento de la *Lemna Minor*.

Construcción de Lagunas Piloto:

Figura5.

Medición y Señalización de las Lagunas Piloto.



Fuente: Elaboración Propia

Figura6.

Excavación de las Lagunas Piloto



Fuente: Elaboración Propia

Recubrimiento de las Lagunas Piloto

Para proteger el suelo de la infiltración del agua residual y para evitar que alguna de las lagunas pueda sufrir desbordamiento o daños se cubrió las lagunas piloto con plástico grueso negro que va a cumplir la función de una geomembrana, en las siguientes imágenes podrán notar el desarrollo y resultado de esta actividad.

Figura7.

Revestimiento de las Lagunas Piloto



Fuente: Elaboración Propia.

Figura8.

Prueba de Infiltración de las Lagunas Piloto



Fuente: Elaboración Propia

Traslado de las aguas de la laguna de oxidación tácala-castilla y obtención de la semilla de *Lemna minor*

Para poder monitorear y evaluar la lenteja de agua en las lagunas piloto se transportó agua residual de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla en un tanque plástico grande esterilizado donde se adecuó la especie y evaluó su efecto fitorremediador en dichas lagunas piloto.

Tabla1. Técnicas de Campo

Técnica	Procedimiento	Instrumentos
Observación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicación en el GPS de los puntos a muestrear según lo planificado. 2. Verificar la adaptación de la especie <i>Lemna minor</i> al sistema hídrico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empresa de servicios ambientales. 2. GPS (WGS- 84) 3. Envases plásticos Esterilizados. 4. Cámara digital 5. Cuaderno de campo
Muestreo de Agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar cada punto a muestrear de acuerdo a nuestra conveniencia y accesibilidad. 2. Rotulado y etiquetado 3. transporte y almacenamiento de muestras. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cooler plástico 2. Bolsas ziploc 3. Gel pack 4. Guantes 5. Guardapolvos 6. Lentes 7. Mascarilla

Fuente: Elaboración Propia

Tabla2. Técnicas de laboratorio

Técnica	Procedimiento	Instrumentos
Selección de muestras	<ol style="list-style-type: none"> 1. En esta técnica, se separan las muestras según su lote. 2. luego se registra la información al sistema de control de cada muestra según su lote. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema de control de muestras. 2. Sistema adquisición de datos 3. Sensores adquisición de datos
Análisis de muestras	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se extrae una porción de muestra para verificar sus rasgos, físicos químicos o biológicos 2. Durante todo el análisis es obligatorio el uso de epp's de bioseguridad 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Microscopio 2. Balanza 3. Electroforesis 4. Refractómetros 5. Potenciostatos Gamry 6. Viscosímetros 7. Centrifugas para laboratorio
Redactar informe y transmitir resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Una vez recopilada la información de los datos de muestras, se realiza el informe de laboratorio y se interpretan los resultados 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema adquisición de datos 2. Producto anillado o espiralado 3. Tablas comparativas según (LMP/ECA) 4. impresora

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Método de análisis de datos:

Según, (Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Leonardo Díaz Pertuz, Deivi David Fuentes Doria, 2020), pág. 64), los Datos son el grupo esencial de hechos relacionados a una cosa o persona, se transforma en información al momento que artífice asigna un significado.

Para la interpretación de datos obtenidos mediante resultados de análisis, se empleará tablas Excel o SPSS.

3.7 Aspectos éticos:

la siguiente investigación fue realizada mediante instrumentos de medición validados por un especialista en el tema, con la finalidad de recaudar datos informativos. Por lo tanto, no se alterará ningún tipo de dato mencionado como resultado del trabajo, el cual representara veracidad y transparencia, los resultados serán auténticos durante cada uno de los procesos realizados, tendremos el mayor cuidado de la flora empleada en el trabajo, los restos producidos mediante la investigación serán segregados de manera correcta, por otro lado, los análisis realizados por la empresa EQUAS S.A son acreditados por (INACAL) avalando su fidedignidad.

IV RESULTADOS

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

INFORME DE ENSAYO N° A0396/21

LAGUNA DE OXIDACIÓN DE TÁCALA

Código Interno:

L0396/21

N°	PARAMETROS	AG - 01 (B) (INICIAL) (10:30 H) N 9 430 442 - E 545 782 (C)	METODO DE ENSAYO
1	Aceites y Grasas (mg/l)	15,4	APHA 5520 D
2	DBO (mg DBO/L)	208	APHA 5210 B
3	DQO (mg DQO/L)	564	APHA 5220 D
4	Solidos totales en suspensión (mg/L)	102	APHA 2540 D
5	Ph (Unidad de pH)	7,33	APHA 4500-H + B (***) (*)
6	Temperatura (C°)	22,2	APHA 2550 B (***) (*)
MICROBIOLOGICOS			
1	Coliformes Totales (NMP) NMP/100 mL	24 x 10 ⁴	APHA 9221 B
2	Coliformes Termotolerantes (NMP) NMP/100 mL	92 x 10 ³	APHA 9221 E (Ítem 1)

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio EQUAS S.A

INFORME DE ENSAYO N° A0611/21
SITEMA FITORREMEDIAADOR PILOTO

Código Interno:

L0611/21

N°	PARAMETROS	AG - 01 (B) (INICIAL) (10:30 H) N 9 430 442 - E 545 782 (C)	METODO DE ENSAYO
1	Aceites y Grasas (mg/l)	6,4	APHA 5520 D
2	DBO (mg DBO/L)	76	APHA 5210 B
3	DQO (mg DQO/L)	198	APHA 5220 D
4	Solidos totales en suspensión (mg/L)	63	APHA 2540 D
5	Ph (Unidad de pH)	7,22	APHA 4500-H + B (***) (*)
6	Temperatura (C°)	21,8	APHA 2550 B (***) (*)
MICROBIOLOGICOS			
1	Coliformes Totales (NMP) NMP/100 mL	92 x 10 ³	APHA 9221 B
2	Coliformes Termotolerantes (NMP) NMP/100 mL	54 x 10 ³	APHA 9221 E (Ítem 1)

Fuente: Resultados de análisis de laboratorio EQUAS S.A

De acuerdo con los resultados en base al decreto supremo N°003-2010 MINAM LPM obtenidos y contrastados se concluye que **ES CONFORME**, respecto a los documentos normativos y/o documentos de referencia del presente, tanto como el informe de ensayo N° A0396/21 y N° A0611/21.

- **Resultados generales.**

Análisis de resultados

En el presente proyecto se tiene presente la obtención de los análisis Físico Químico y Microbiológico de la laguna de oxidación de la laguna terciaria, posteriormente se realizaron los análisis de al sistema de biorremediador para ver determinar la calidad de las aguas del sistema biorremediador para la verificación e la remoción de contaminantes, cabe mencionar los análisis fueron realizados por EQUAS contando con la certificación por INAKAL garantizando la confiabilidad de los resultados según como se evidencia en los resultados obtenidos en los informes de ensayos N° A0396/21 y N° A0611/21.

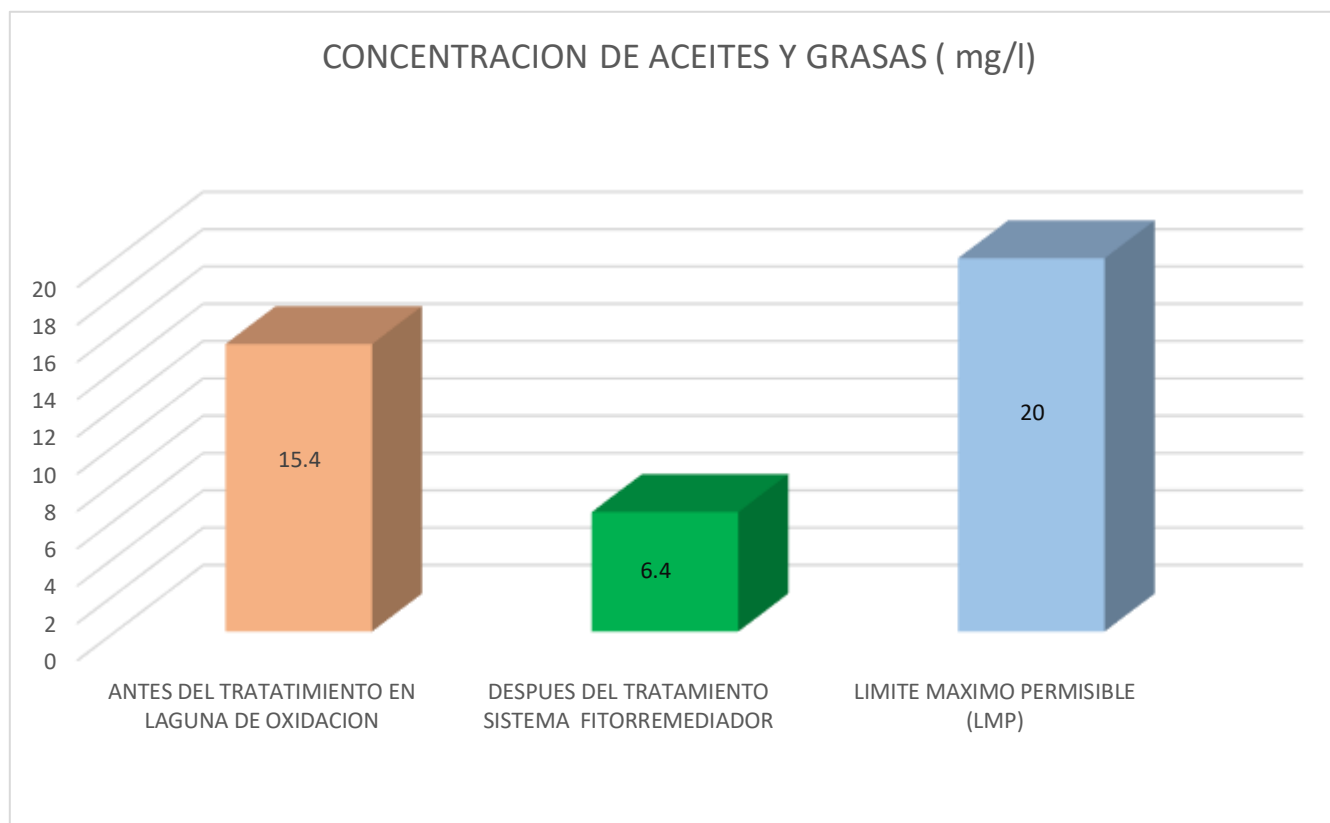
Por consiguiente, se detallará la interpretación de los análisis del sistema biorremediador:

GRÁFICOS DE BARRAS COMPARATIVOS

Aceites y Grasas

Datos de los aceites y grasas del estudio de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación.

Gráfico1.



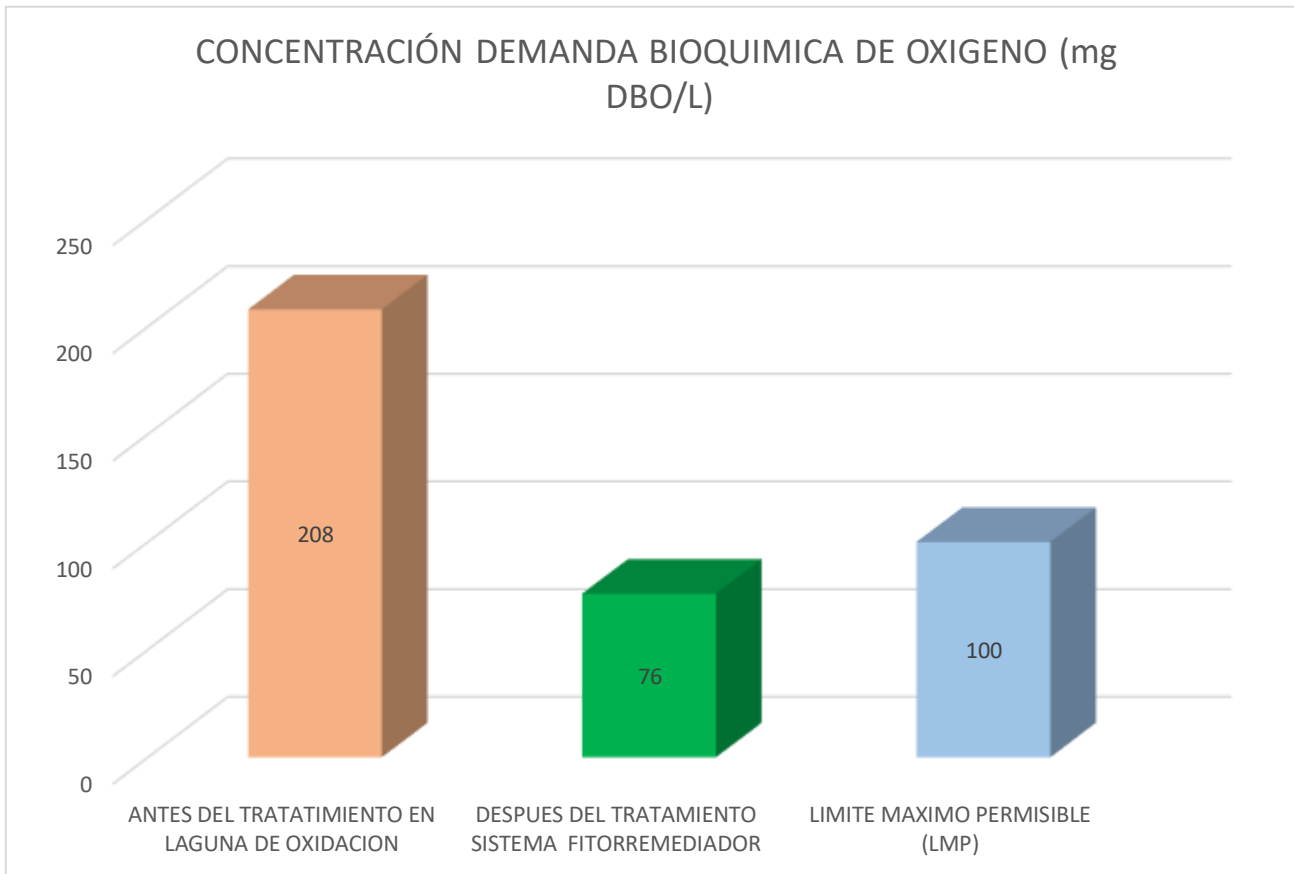
Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

A) Aceites y Grasas (Anexo, Gráfico 01). De acuerdo a los datos obtenidos en la evaluación del proyecto los valores de aceites si bien muestran una disminución por el sistema fitorremediador en un $< 6,4$ de acuerdo de los Limites Máximo Permisibles de (20 mg/l), no obstante, los valores de aceites y grasas de aguas de las Lagunas se oxidación de tácala-castilla que se obtuvieron es $< 15,4$; sin embargo, la remoción de aceites y grasas por el sistema fitorremediador es efectiva.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Datos de la demanda bioquímica de oxígeno de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación.

Gráfico2.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

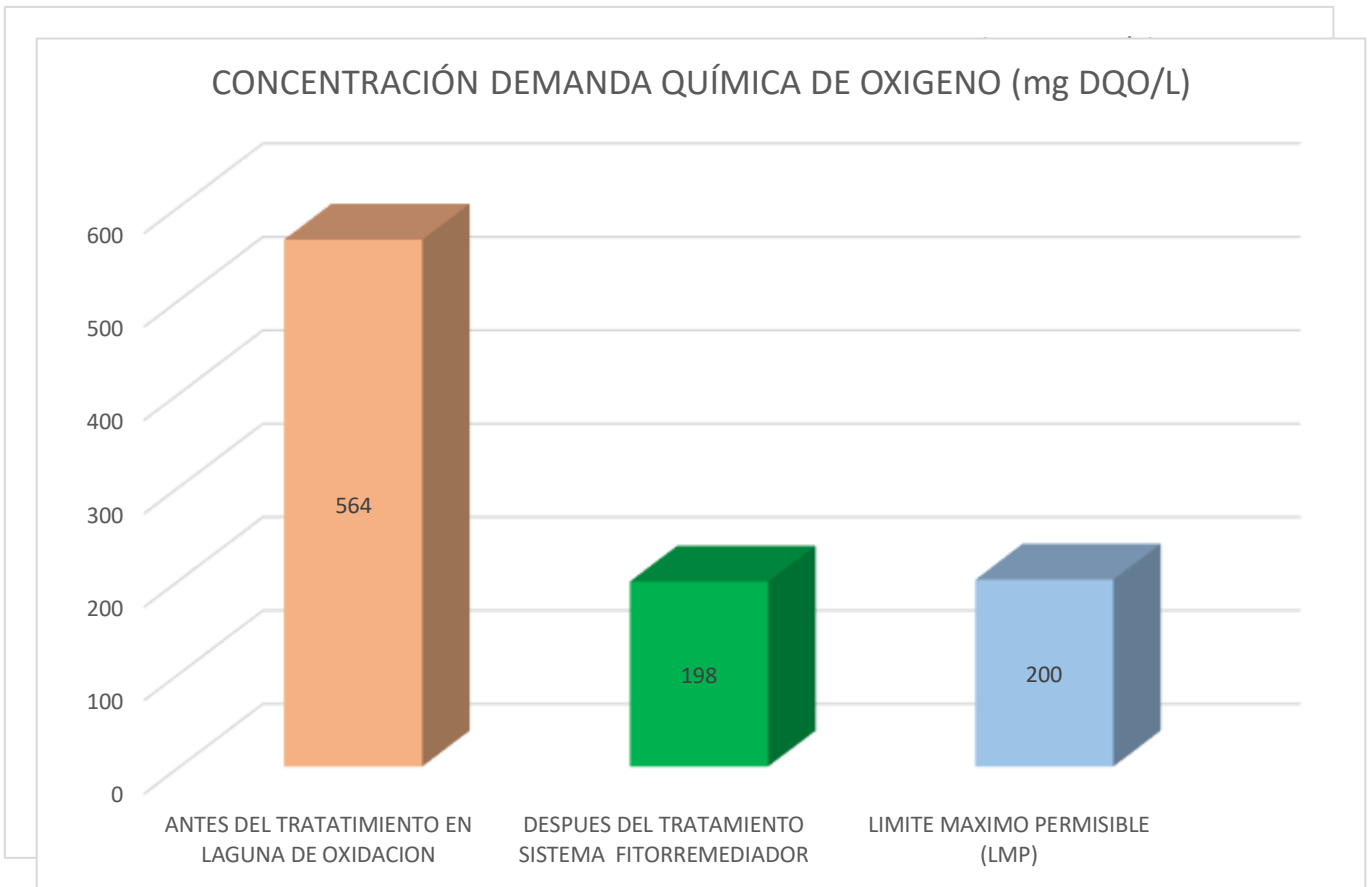
B) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) (Anexo, Gráfico 02)

Los valores del DBO para el sistema fitorremediador piloto son aceptables (76mg DBO/L), pues estos se encuentran debajo del límite máximo permisible (100 ml/l), estos valores son permisibles, sin embargo de acuerdo los resultados de aguas de las Lagunas de oxidación de tácala-castilla, estos parámetros exceden dentro de los LPM en (<208) , sin embargo esto indica de que los microorganismos utilizan oxígeno disuelto para la oxidación con presencia de oxígeno de la M.O biodegradable concurrente en el agua , con esto se comprueba que el tratamiento de fitorremediación funciona muy bien.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Datos de la demanda química de oxígeno de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación

Gráfico3.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

C) Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Anexo, Gráfico 03)

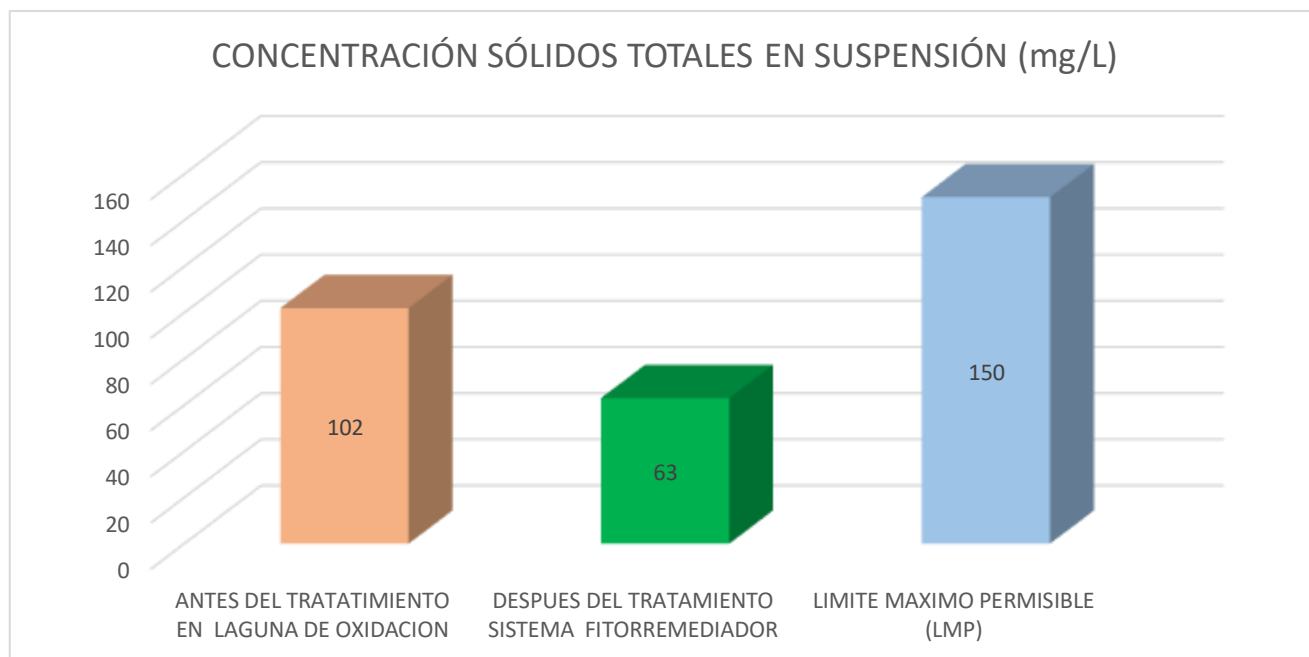
Comparado con el LMP (200 mg/L) según la norma los LMP para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, las descargas de aguas de las Lagunas de oxidación de tácala no cumple esta norma de acuerdo a resultados obtuvo 564 (mg/l).

Analizando los valores finales, se puede afirmar que el sistema de tratamiento por fitorremediación utilizando la especie *LEMNA MINOR* reduce de manera eficiente los índices de DQO en las aguas residuales domésticas a (198 mg/l) respectivamente.

Sólidos Totales en Suspensión

Datos de los sólidos totales en suspensión de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación

Gráfico4.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

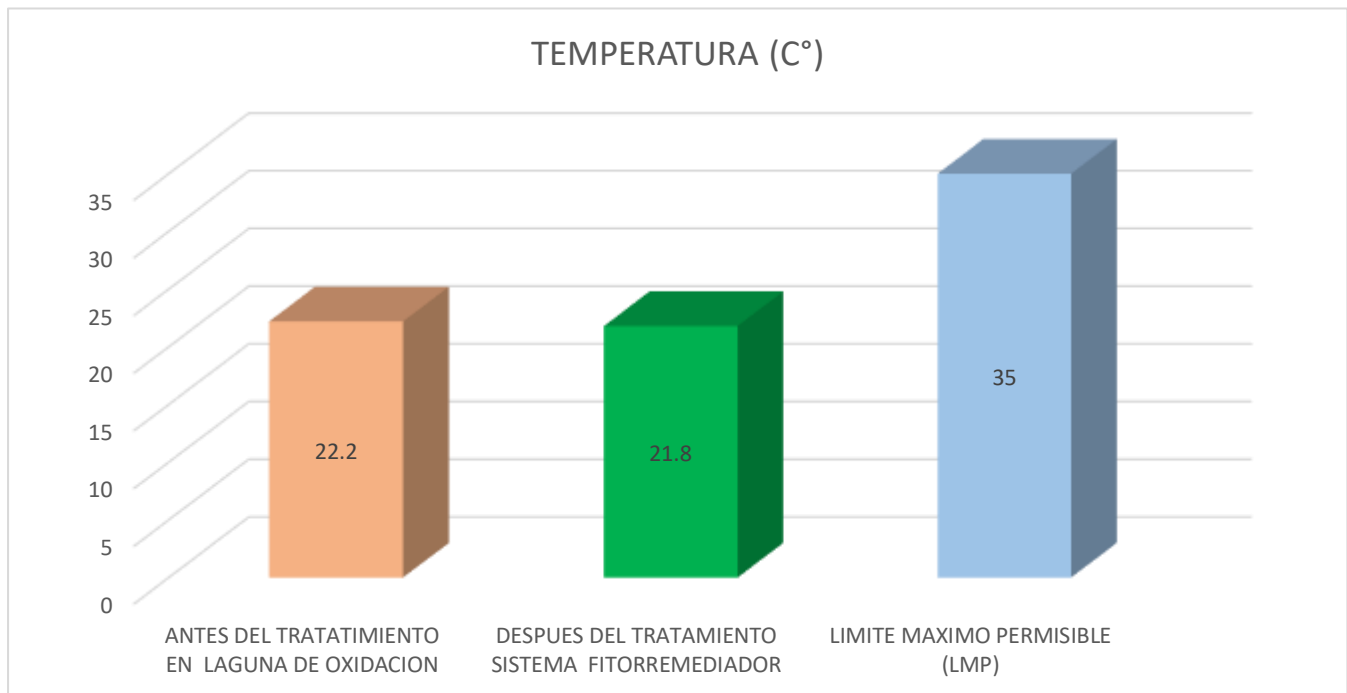
D) Sólidos Totales en Suspensión (Anexo, Gráfico 04)

Los valores de sólidos totales en suspensión muestran un descenso con el sistema de tratamiento por fitorremediación de (63 mg/L), cabe denotar que los valores de sólidos suspendidos obtenido en los análisis de línea base de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla. (102 mg/L) se encontraba por debajo del LMP (150 mg/L), por lo que se observa una eficiente remoción de sólidos suspendidos notable aun así no estuviera por encima del LMP. Así mismo este parámetro junto con los sólidos disueltos totales se encuentran directamente relacionados con la conductividad y temperatura, por lo que el clima caluroso de la región de Piura también afecta la baja eficiencia de remoción de los sólidos suspendidos en las aguas residuales.

Temperatura

Datos de temperatura de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación

Gráfico5.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

D) Temperatura (Anexo, Gráfico 05)

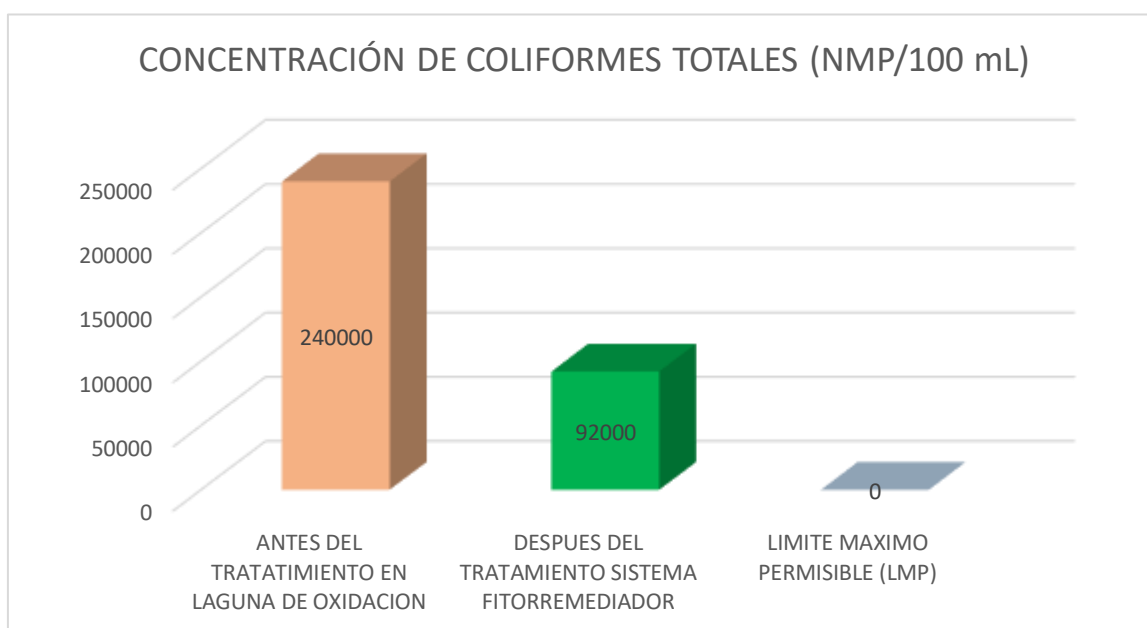
Para un óptimo crecimiento de la especie *lemna minor* la temperatura debe estar entre 25 a 30 °C, por lo cual se realizó la medición de la temperatura al momento de la toma de muestras a aguas del sistema fitorremediador siendo las 11:00 a.m. registrándose un valor de (21.8 °C), a estas horas la temperatura ambiente es media, sin embargo, en horas de la tarde y en presencia del sol, la temperatura asciende con lo cual disminuye la solubilidad de gases y aumenta en general la de sales. Además, aumenta la velocidad de las reacciones metabólicas de los microorganismos presentes en las aguas residuales, acelerando la putrefacción. No se observó mayor variación en los grados de temperatura, ya que para aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla fueron similares de (22.2C°) ambos con T° permisible ya que son valores no mayores a 35 °C en las descargas lo cual es beneficioso pues según la norma de límites máximos permisibles para efluentes

de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (Decreto Supremo N° 003-2010- MINAM)

Coliformes Totales (NMP)

Datos de los coliformes totales de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación.

Gráfico6.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.

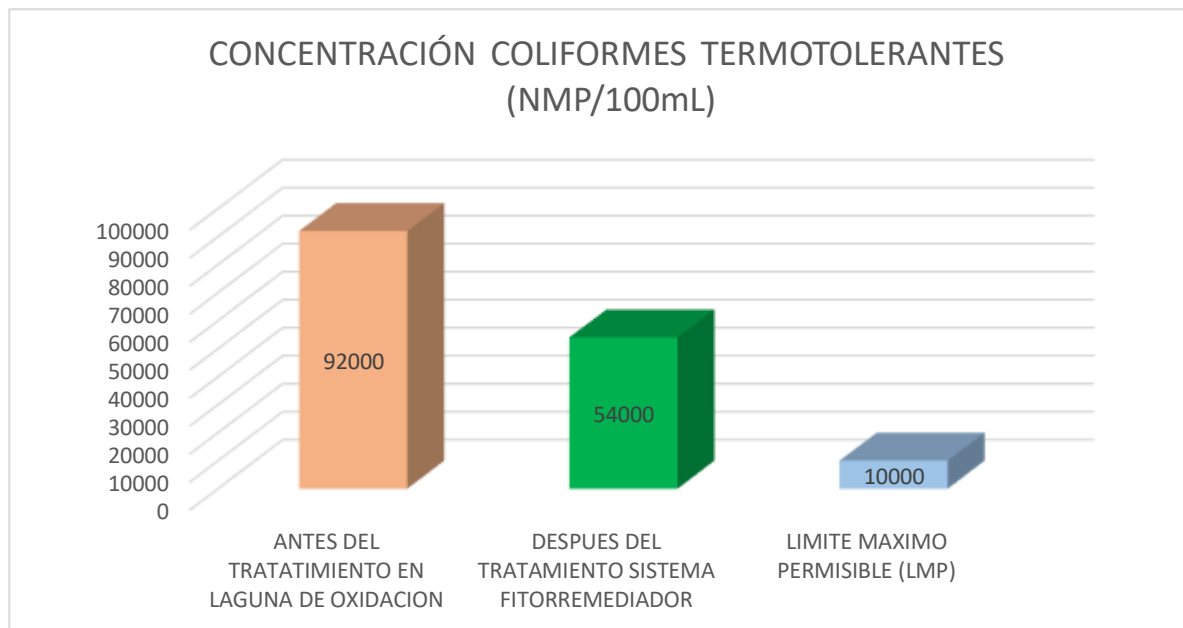
E) Coliformes Totales (Anexo, Gráfico 06)

Se observan los resultados de los datos para coliformes totales, en las aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla, como muestra inicial (antes del tratamiento) un alto grado de (240000 NMP/100mL) por encima del LMP para aguas residuales de (10000 NMP/100mL). Sin embargo, en la muestra final (después del tratamiento fitirremediador) hay un descenso de (92000 NMP/100mL) Pero existe un déficit para comparar los datos obtenidos con el LMP, ya que nuestra normativa (D.S N° 003-2010 – MINAM) no cuenta con este parámetro.

Coliformes Termotolerantes (NMP)

Datos de los coliformes Termotolerantes de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla y al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación.

Gráfico7.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

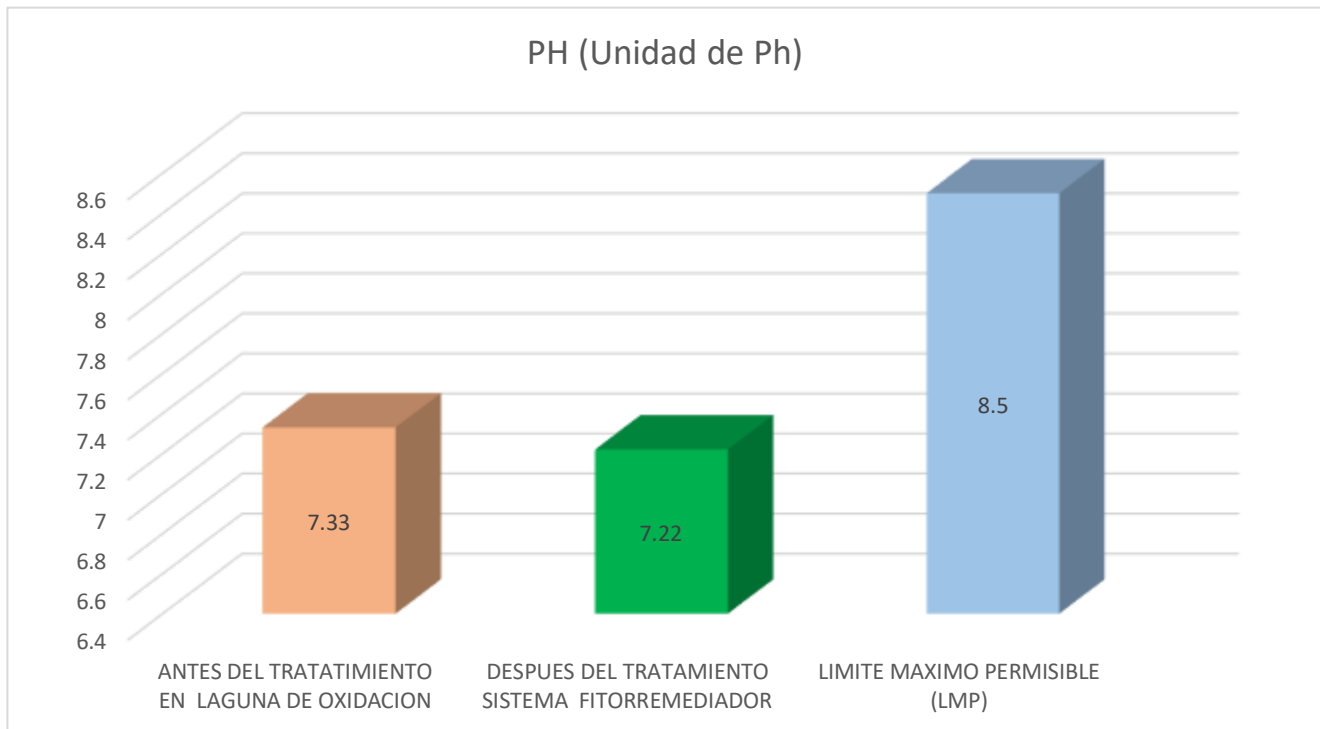
F) Coliformes Termotolerantes (Anexo, Gráfico 07)

Se presento un alto número de bacterias fecales siendo este uno de los parámetros más importantes en vista de que son causantes de varias enfermedades gastrointestinales. Debido a que se trata en su mayoría de aguas residuales de uso municipal y doméstico, es decir de agua de inodoros, cocinas, lavanderías entre otras actividades domésticas, es lógico pensar que el contenido bacteriano es alto, encontrándose un índice de coliformes termotolerantes inicial de 92×10^3 NMP/100 mL (92000 NMP/100mL) para aguas de las lagunas de oxidación tácala-castilla, valor que es demasiado elevado, se encuentra fuera del LMP en relación al límite máximo permisible que es de (10 000 NMP/100 mL), cabe resaltar que para las aguas del sistema fitorremediador hubo una reducción considerable a (54000 MMP/100mL) pero aun asi no los redujo al LMP establecido.

PH (UNIDAD DE Ph)

Datos de los PH de los análisis de aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla al finalizar la evaluación del sistema de tratamiento por fitorremediación

Gráfico8.



Fuente: resultados extraídos de los análisis de laboratorio EQUAS S.A

PH (Anexo, Grafico 08)

Se presento PH de aguas de las Lagunas de oxidación, la que se encuentra con una baja concentración de (PH < 7.339, siendo más eficiente el sistema fitorremedador ya que la concentración del PH es menor (<7.229), encontrándose ambos sistemas dentro del LMP (6.5 a 7.5).

V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los hallazgos encontrados, sobre el efecto fitorremediador de *Lemna minor*, que podría disminuir el grado de contaminación de aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla. La cual establece que existe relación entre la elaboración de un análisis FODA donde podríamos determinar las fortalezas y debilidades de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla y que al introducir la especie fitorremediadora *Lemna minor* en aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla se analizará su adaptación al sistema hídrico.

Tales resultados guardan relación con lo sostenido por Br. Ayay Tongombol, Jackson David, 2019) en Capacidad remediadora de *Pistia stratiotes* y *Lemna minor* en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Granja Porcón – Cajamarca, (Dayana Mishell Robalino Camacho, 2020. Pág. 6) en fitorremediación usando *eichhornia crassipes* (jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto pita, caluma – bolívar, quienes señalan que el tratamiento por fitorremediación para aguas residuales, con especies como *Lemna Minor*, *Pistia stratiotes* y Jacinto de agua es eficiente sobre todo en DBO, DQO, Ph, Temperatura (caso fitorremediación usando *eichhornia crassipes* (jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto pita, caluma – bolívar) y Ph y Temperatura (caso Capacidad remediadora de *Lemna minor* y *Pistia stratiotes* en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Granja Porcón – Cajamarca) en tanto para efecto fitorremediador de *Lemna Minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla, excelente para DBO, DQO, PH, Temperatura, sólidos en suspensión. Pero, no existen similitud en los parámetros de DBO Y DQO (caso Capacidad remediadora de *Lemna minor* y *Pistia stratiotes* en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Granja Porcón – Cajamarca) ya que superan los LMP. Por otro lo consiguiente, en el estudio de Lisseth Amarilis Vàsconez García Guayaquil-Ecuador 2017, Propuesta de fitorremediación de coliformes totales en aguas en un tramo del estero caluma en el cantón caluma (provincia de Bolívar), la remoción de coliformes fue muy eficiente, sin embargo para el proyecto efecto fitorremediador de *Lemna Minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla no fue efectivo ya que a pesar que si disminuyo la carga de coliformes totales, supero los LMP.

VI CONCLUSIONES

- La investigación realizada determina que, según resultados obtenidos por laboratorio EQUAS S.A que los parámetros de DBO, DQO, Sólidos Suspendidos, Ph, y Temperatura fueron disminuidos eficientemente, por lo tanto, podemos decir que el efecto fitorremediador de *Lemna minor*, puede disminuir el grado de contaminación de aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla en algunos parámetros. Mientras tanto, al elaborar la matriz FODA se obtuvo información sobre beneficios y perjuicios que podrían proporcionar las aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-castilla para riego de cultivos de tallo corto (lechuga, espinaca, tomate, culantro, camote, frijol) que luego son comercializados a mercados muy concurridos de la ciudad para consumo humano. También, al evaluar en el campo se logró identificar la existencia de canales artesanales de regadío donde conducían las aguas contaminadas de las lagunas de oxidación hacia sus distintos cultivos de tallo corto.
- Por otra parte, al realizar la visita a las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla se observó que producto del mal manejo de riego con aguas contaminadas de las lagunas de oxidación, se había formado a las afueras cerca al caserío una laguna con aguas nauseabundas y de color rojiza.
- Luego, al introducir la especie a las lagunas pilotos analizamos que en unos días se adaptaron al medio, continuando su ciclo vital e inclusive su reproducción y crecimiento.
- En conclusión, al Monitorear la especie fitorremediadora de donde se realizaron los análisis correspondientes dieron como resultado su eficiente efecto fitorremediador en los parámetros DBO aceptables en sistema fitorremediador piloto (76mg DBO/L), pues estos se encuentran debajo del límite máximo permisible (100 mg/L) , DQO (Comparado con el límite máximo permisible (200 mg/L) el sistema de tratamiento por fitorremediación utilizando la especie *LEMNA MINOR* reduce de manera eficiente los índices de DQO en las aguas residuales domésticas a (198 mg/l) respectivamente, Sólidos disueltos en suspensión muestran un descenso con el sistema de tratamiento por fitorremediación de (63 mg/L) se encuentra por debajo del LMP (150 mg/L), el Ph del sistema fitorremediador es menor (<7.229) está

dentro del LMP (6.5 a 7.5), Temperatura al momento de la toma de muestras a aguas del sistema fitorremediador siendo las 11:00 a.m. registrándose un valor de (21.8 °C), con T° permisible ya que son valores no mayores a 35 °C por debajo de los LMP.

VII RECOMENDACIONES

- Realizar supervisión y control sobre el uso adecuado de las aguas de las lagunas de oxidación de Táchala-Castilla, solo deben ser utilizadas para riego de cultivos de tallo alto, previo tratamiento.
- Clausura temporal de los canales artesanales de regadío por donde conducen el agua residual para regar los cultivos de tallo corto, hasta que se identifique un tratamiento de aguas eficaz y seguro.
- Controlar el crecimiento rápido de la especie (*Lemna Minor*) lenteja de agua realizando una cosecha semanal.
- Utilizar el producto cosechado y deshidratado, con previo proceso de lavado, desinfección y ventilado al aire libre, como alimento balanceado (ovino, caprino, porcino, vacuno y peces) e inclusive para abono orgánico.
- Reestructurar el sistema de las lagunas de oxidación de táchala-castilla ya que están algunas partes deterioradas y por ende realizan a por medio de infiltraciones impactos negativos al ambiente.
- Orientar a la población sobre los impactos negativos y enfermedades que pueden traer el uso de aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de táchala-castilla para uso de riego de plantas (hortalizas de tallo corto) comestibles.

REFERENCIAS

- Elisa Yohany Troncos Guerrero (Piura-Peru, 2018), Situación ambiental del río Piura y su factibilidad de recuperación a cargo de la OEFA Piura para garantizar el derecho a vivir en un ambiente sano y equilibrado 2017. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48884>
- D.S N° 003 -2010 de los Límites Máximos Permisibles del Perú. (Minam).
- (ONU, 2003). Citado por Rosmery Yakelini Ayala Tocto, Edith Calderón, Jesús Rascón, Roicer Collazos Silva (2018, pág. 49), Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies Eichhornia crassipes, Nymphaea humboldtiana y Nasturtium officinale. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/403/0>
- (Poveda, 2014), citado por Dayana Mishell Robalino Camacho (2020, pág. 3), Fitorremediación usando Eichhornia crassipes (jacinto de agua), en la planta de tratamiento de aguas residuales del recinto pita, caluma – bolívar. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48742>
- (Flores E. 2012) citado por Ayay Tongombol, Jackson David (2019, pág. 4), Capacidad remediadora de Lemna minor y Pistia stratiotes en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Granja Porcón – Cajamarca. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39360>
- (Cherian & Margarita, 2005), citado por Avila Carhuallanqui, G.M, Velít Villareal, C., & Avila Pichiule, L. E. (2021, pág. 102), Tratamiento de aguas residuales mineras contaminadas con cobre mediante Lemna minor (lenteja de agua). <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2018.15.859>
- (Ley N° 28611.- Ley General Del Ambiente, en su Art. 1, Minam, 2005).
- (Ley N° 2338 Ley de Recursos Hídrico, ANA, 2019).
- (D.S N° 002-2008 – MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua).
- (D.S N° 003 – 2010 – MIMAN, Límites máximos permisibles (LMP).
- Roberto Hernández Sampieri, (2014, pág. 73), Metodología de la Investigación.

<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPLERI.pdf>

- (Martins & Palella, 2012, p. 61), citado por (Eliana Esther Gallardo Echenique 2017, pág. 50), Metodología de la Investigación. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf
- (García- Valero¹, S. Martínez-Martínez, M.A. Terreno, A. Faz, M.A. Muñoz, M. Gómez Garrido, J.A. Acosta, 2019, pág.1), Fitorremediación de aguas residuales industriales en humedales artificiales para uso agrícola. http://dx.doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3439
- (Orellana, 2005, pág. 2), citado por Sarango Araujo Órnela y Piedad Sánchez Ramírez José Armando, 2016, pág. 16), Diseño y construcción de 2 biofiltros con Eichhornia Crassipes y Lemna Minor para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. “Planta la Comuna”, Quinindé. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4930>
- (Edison Damián Cabezas Mejía; Diego Andrade Naranjo y Johana Torres Santamaría 2018, pág. 19), Introducción a la metodología de la investigación científica. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>
- (Reglamento RENACYT, 2008, pág. 2).
- (Deivi David Fuentes Doria, Aníbal Enrique Toscano Hernández, Eli Malvaceda Espinoza, José Luis Díaz Ballesteros, Leonardo Díaz Pertuz, 2020), pág. 40), Metodología de la investigación. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6201/Metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- (Otzen y Manterola, 2017), citado por Irma Milagros Carhuancho Mendoza, Fernando Alexis Nolazco Labajos, Luis Sicheri Monteverde, María Auxiliadora Guerrero Bejarano, Kelly Milagritos Casana Jara 2019 pág. 56),

- Metodología para la investigación holística. citado por (Alvarado Chilcon, Janeth, Manayay Peralta, Jheyemi, 2020), Uso de la Eichhornia Crassipes (
- Vivanco,2017), citado por (Alvarado Chilcon, Janeth, Manayay Peralta, Jheyemi, 2020), Uso de la Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales, https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/60126/Alvarado_CJ-Manayay_PJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 - (Libro Hidrología Aplicada – Chow, D. Maidmenty L. Mays, 1994).
 - Resultados de laboratorio EQUAS S.A, (2021)

ANEXOS

Tabla3. Matriz de Operacionalización de Variables

Efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala – Castilla - 2021								
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	MARCO CONCEPTUAL	MARCO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
General	General	General						
¿ <i>Lemna minor</i> , tendrá un efecto fitorremediador eficiente en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla?	Determinar el efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.	El efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> , podría disminuir el grado de contaminación de aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla.	V1 " Efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> ."	Acuerdo a (Flores E. 2012) citado por Ayay Tongombol, Jackson David (2019, pág. 4), haciendo uso de la planta <i>Lemna minor</i> , podemos encontrar microorganismos productivos ligados a las raíces que ayudan a descomponer y arraigar distintos contaminantes.	Para determinar el efecto fitorremediador de <i>lemna minor</i> en las aguas de las lagunas de oxidación de tácala-castilla, con respecto a los límites máximos permisibles agua, durante el proceso, se utilizaron análisis de laboratorio. Así como, matriz FODA, para observarla beneficios y perjuicios respecto a las aguas de las lagunas de oxidación. Por lo consiguiente, se obtuvo información comparativa para contemplar respecto a la eficacia de la especie en el proyecto fitorremediador.	Análisis	- químicos - físicos - biológicos	Mg/l
						Tipo Parámetros	- Aceites y Grasas - Coliformes Totales - Coliformes Termotolerantes - DBO - DQO - STS - Ph - Temperatura	Mg/l
Específicos	Específicos	Específicos						
¿Las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla no cuentan con un análisis FODA para conocer sus fortalezas y debilidades?	Elaborar un análisis FODA sobre las aguas de lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.	Elaborando un análisis FODA podríamos determinar las fortalezas y debilidades de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla	V2 " Disminuir el alto grado de contaminación de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla."	Tratamiento de aguas residuales. De la misma forma hace referencia (Ramalho R. 1996), citado por Ayay Tongombol, Jackson David, 2019, pág. 5), el procedimiento de tratar aguas residuales constituye un conjunto de procesos biológicos, químicos y físicos vigentes en el agua de uso residual humano. Las aguas residuales deben	Se realizó una matriz FODA, para observarla beneficios y perjuicios respecto a las aguas de las lagunas de oxidación. Por lo consiguiente, se obtuvo información de suma importancia para contemplar respecto a la eficacia de la especie en el proyecto fitorremediador.	FODA	- Fortalezas - Oportunidades - Debilidades - Amenazas	%
¿No existen antecedentes de fitorremediación con alguna especie en aguas de las lagunas de oxidación Tácala-Castilla?	Introducir la especie fitorremediadora <i>Lemna minor</i> en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.	Introduciendo la especie fitorremediadora <i>Lemna minor</i> en las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla se analizará su adaptación al sistema hídrico de			Además, se hizo una serie de recolección de datos tanto en campo como en laboratorio.) en campo a través del instrumento de recolección de datos (fichas de campo), se pudo identificar los avances más importantes del proyecto, y en laboratorio a través de los	Especie	<i>Lemna Minor</i>	Mg/l

<p>¿Si no se realiza un monitoreo de la especie fitorremediadora, no se sabrá su capacidad de absorción?</p>	<p>Monitorear la especie fitorremediadora para realizar los análisis correspondientes.</p>	<p>Realizando un monitoreo a la especie fitorremediadora se conocerá su capacidad de absorción.</p>	<p>Pasar por procedimientos, que tienen que asegurar la estabilización o erradicación de los contaminantes como lo pide las normas ambientales actuales. la realización de algún tipo de procedimiento, principalmente está relacionado por contaminante a mitigar del grado de caudal a trabajar.</p>	<p>resultados de análisis de laboratorio.</p> <p>Mediante los parámetros analizados en la primera muestra (agua de las lagunas de oxidación sin tratar, comparados con los resultados de los parámetros de la segunda muestra (aguas tratadas con el sistema fitorremediador piloto) identificamos cual es el resultado final del efecto fitorremdiador con <i>lenma minor, que tan efectivo seria.</i></p>	<p>Monitoreo de Aguas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Phmetro - Termómetro - GPS - Envases - EPP'S 	<p>T°/Cantidad</p>
--	--	---	--	---	---	--------------------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla4. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA ELABORACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	
PROBLEMA	¿ <i>Lemna minor</i> , tendrá un efecto fitorremediador eficiente en aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla?
HIPÓTESIS	El efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> , ¿podría disminuir el grado de contaminación de aguas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla.
OBJETIVO GENERAL	Determinar el efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un análisis FODA sobre las aguas de lagunas de oxidación de Tácala-Castilla. • Introducir la especie fitorremediadora <i>Lemna minor</i> en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla. • Monitorear la especie fitorremediadora para realizar los análisis correspondientes.
DISEÑO DE ESTUDIO	Cuasi experimental.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla5. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: (D.S 003-2010 MINAM) (Publicado en diario Oficial El Peruano Lima, miércoles 17 de marzo de 2010)

Tabla6. Matriz foda de las aguas de las lagunas de oxidación de tacala-castilla

<u>Fortalezas</u>	<u>Oportunidades</u>
<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad del recurso agua para uso de riego• Abastecimiento de agua para uso bebible de ganado porcino• Aprovechamiento de aguas para regar terrenos y pistas• Lugar de reposo provisional para aves migratorias• Fuente artificial bebible para animales endémicos de la zona	<ul style="list-style-type: none">• Obtención de productos para comercialización• Ahorro en transporte de agua para ganado porcino• Evitar gastos en consumo de agua en cantidades• Obtienen insectos y agua durante su estadía• Proporcionan una gran oportunidad de adaptación

Debilidades

- No cuentan con tecnología para optimizar el riego
- No está permitido usar agua sin tratar para fines ganaderos
- Sin permiso de la autoridad encargada, no hay acceso a ese fin
- Constantes enfrentamientos con especies endémicas de la zona
- el acceso a la fuente artificial no es para todos los animales

Amenazas

- Los productos pueden estar infectados por bacterias
- Los animales comercializados pueden estar infectados por algún virus o bacteria
- Al manipular las aguas corren el riesgo de contaminarse
- En el intento por beber algunos animales se ahogan

Fuente: Elaboración Propia

Figura10. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológicos del agua residual de Lagunas de oxidación de tácala-castilla realizados por EQUAS S.A



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Mejoramiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0396/21

Solicitante : FRANCISCO VILLASECA ARGOMEDO
Dirección : Urb. Ignacio Merino Mz M Lote 46 - Talara
Procedencia : LAGUNA DE OXIDACIÓN DE TÁCALA
Distrito: Castilla - Provincia: Piura - Departamento: Piura
Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal
Fecha de Muestreo : 06 - Abril - 2 021
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 06 - Abril - 2 021 / 07:00 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 06 al 15 - Abril - 2021

Código Interno: L0396/21

PARÁMETROS	0396-1 ^{IM}	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	AG - 01 ^{IM} (Inicial) (10:30 h) N 9 430 442 - E 545 782 ^{IM}		
Aceñas y Grasas	15,4	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	208	mg DBO/L	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno	554	mg DQO/L	APHA 5220 D
Sólidos Suspendidos Totales	102	mg/L	APHA 2540 D
pH	7,33	Unidad de pH	APHA 4500-H ^B (*) (**)
Temperatura	22,2	C°	APHA 2560 B (***) (*)
Microbiológicas			
Coliformes Totales (NMP)	24 x 10 ⁶	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformes Termotolerantes (NMP)	92 x 10 ⁶	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item f)

(*) Código de Laboratorio

(**) Código del Solicitante y hora de muestreo

(c) Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -

(***) El resultado de pH y Temperatura es referencial, se efectuó el análisis a solicitud del cliente.

Lima, 15 de Abril de 2 021.

EQUAS S.A.



Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director General - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras entregadas

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

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra entregada para los casos de dudas, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Calle: Pte. P.D.08.04
Barrio: 00
Fecha: 11.06.2019

Dirección de Laboratorio: Av. 1 Lote 74, Urb. Narayana - Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfono: 545-4976 / 549-4050 e-mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Figura 11. Resultados del análisis físicoquímico y microbiológicos del agua residual tratada por el sistema fitorremediador piloto realizado por EQUAS S.A



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INFORME DE ENSAYO N° A0611/21

Solicitante : FRANCISCO VILLASECA ARGOMEDO
Dirección : Urb. Ignacio Merino Mz M Lote 46 - Talara
Procedencia : SISTEMA FITORREMIADOR PILOTO
Distrito: Castilla - **Provincia:** Piura - **Departamento:** Piura
Matriz de la Muestra : Agua Residual Municipal
Fecha de Muestreo : 07 - Mayo - 2 021
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 08 - Mayo - 2 021 / 07:20 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 08 al 15 - Mayo - 2 021

Código Interno: L0611/21

PARÁMETROS	0611-1 ^(*)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	AG - 02 ^(**) (Final) (11:00 h) N 9 425 525 - E 545 457 ^(**)		
Aceites y Grasas	5,4	mg/L	APHA 5520 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno	76	mg DBO/L	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno	198	mg DQO/L	APHA 5220 D
Sólidos Suspensos Totales	63	mg/L	APHA 2540 D
pH	7,22	Unidad de pH	APHA 4500-H* B ^(***) (*)
Temperatura	21,8	C°	APHA 2550 B ^(***) (*)
Microbiológicos			
Coliformos Totales (NMP)	92 x 10 ³	NMP/100 mL	APHA 9221 B
Coliformos Termotolerantes (NMP)	54 x 10 ³	NMP/100 mL	APHA 9221 E (Item 1)

(*) Código de Laboratorio (**) Código del Solicitante y hora de muestreo

(c) Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- ^(***) El resultado de pH y Temperatura es referencial, se efectuó el análisis a solicitud del cliente.

Lima, 15 de Mayo de 2 021.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente - EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra al momento para los ensayos de metales, la solicitud de devolución ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

Código: P01-P-019.04

Revisado: 08

Fecha: 17.10.2 019

Dirección de Laboratorio: Mc. 1 Lote 74, Urb. Narayáto - Fuente Piedra, a/c. del Km 28,3 de la Pan. Norte

Teléfonos: 548-4976 / 349-4930 e-mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Figura12. Certificado de validación de Instrumento de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANEXO N°03: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del validador : Yolinda Del Jesús Mena Palacios
 Cargo e institución donde labora : Supervisor HSE, Grupo Guvi Industrial
 Especialidad del validador : Ingeniero Ambiental
 Nombre del instrumento : Ficha de registro de campo
 Título de la investigación : "Efecto fitorremediador de *Lemna minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala - castilla - 2021"
 Autor del instrumento : Francisco Javier Villaseca Argomodo

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 registrados con habla apropiado y libre de confusión, con lenguaje apropiado conforme con los sujetos muestrales.				X	
Objetividad	Las enseñanzas y los ítems del instrumento permiten reunir la información objetiva acerca de la variable, en todas sus extensiones e indicadores ideales y operacionales.				X	
Actualidad	El instrumento evidencia vigencia conforme el conocimiento tecnológico, científico y de innovación legal conforme a la variable: Disminuir el alto grado de contaminación de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.					X
Organización	Los ítems del instrumento demuestran organización razonable entre la determinación conceptual y operacional en proporción a la variable, de forma que proporcione hacer deducciones en función al problema, objetivos e hipótesis de la investigación.				X	
Suficiencia	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad de acuerdo a la variable, dimensiones e indicadores.				X	
Intencionalidad	Los ítems de instrumento se muestran acorde con la investigación y responden a la hipótesis, objetivos y variables de estudio: Disminuir el alto grado de contaminación de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.				X	
Consistencia	La información recopilada mediante los ítems del instrumento, faculta describir, analizar y explicar la validez, a causa de la investigación.				X	
Coherencia	Los ítems del instrumento muestran conexión con los indicadores de cada dimensión de la variable: Disminuir el alto grado de contaminación de las aguas de las lagunas de oxidación de Tácala-Castilla.				X	
Metodología	La conexión entre el instrumento y la técnica sugerida argumentan la pretensión de la investigación, crecimiento innovable y tecnológico.					X
Pertinencia	La escritura de los ítems coincide 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, embargo un menor al anterior se considera al instrumento no válido si aplicable)

Opinión de Aplicabilidad:

El instrumento elaborado cumple con los criterios establecidos en el formato de evaluación, por lo cual es aplicable.

PROMEDIO DE VALORACION

42

Piura, 28 de Mayo del 2021.

10

YOLINDA DEL JESUS MENA PALACIOS
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 223445

Figura13. Pertinencia de los ITEMS

III PERTINENCIA DE LOS ITEMS

➤ **Primera variable:** Efecto fitorremediador de *Lemma minor*

Para ser aplicado el instrumento debe tener como máximo puntaje 60% (Aceptable), si tuviera menos de 60% no aplica, no es válido

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente (20)	Medianamente suficiente (10)	Insuficiente (05)
Análisis	- químicos - físicos - biológicos	X		
Tipo Parámetros	- Aceites y Grasas - Coliformes Totales - Coliformes Termotolerantes - DBO - DQO - STS - Ph - Temperatura		X	
FODA	- Fortalezas - Oportunidades - Debilidades - Amenazas		X	

➤ **Segunda Variable:** Disminuir el alto grado de contaminación de aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala - castilla

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Especie	<i>Lemma Minor</i>		X	
Monitoreo de Aguas	- Fénetro - Termómetro - GPS - Ervaset - EPPS	X		

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: **70 %**

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Piura, 28 de mayo del 2021

YOLANDA DE JESUS BENAVALCOS
INGENIERA AMBIENTAL
MNI. CIP N° 223445

Firma del experto informante

DNI N°: 72228260

Teléfono N°: 984398256

Figura14. Informe de Juicio sobre Herramienta de Investigación Científica



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANEXO N°04: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del validador : Yolinda Del Jesús Mena Palacios
 Cargo e institución donde labora : Supervisor HSE, Grupo Guvi Industrial
 Especialidad del validador : Ingeniero Ambiental
 Nombre del instrumento : Ficha de registro de campo
 Título de la investigación : "Efecto fitorremediador de *Lemna minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla - 2021"
 Autor del instrumento : Francisco Javier Villaseca Argomedo

IV. 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 registrados con hábil apropiado y libre de confusión, con lenguaje apropiado conforme con los sujetos muestrales.				X	
Objetividad	Las enseñanzas y los ítems del instrumento permiten reunir la información objetiva acerca de la variable, en todas sus extensiones e indicadores ideales y operacionales.				X	
Actualidad	El instrumento evidencia vigencia conforme el conocimiento tecnológico, científico y de innovación legal conforme a la variable: Efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> .					X
Organización	Los ítems del instrumento demuestran organización razonable entre la determinación conceptual y operacional en proporción a la variable, de forma que proporcione hacer deducciones en función al problema, objetivos e hipótesis de la investigación.				X	
Suficiencia	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad de acuerdo a la variable, dimensiones e indicadores.					X
Intencionalidad	Los ítems de instrumento se muestran acorde con la investigación y responden a la hipótesis, objetivos y variables de estudio: Efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> .				X	
Consistencia	La información recopilada mediante los ítems del instrumento, faculta describir, analizar y explicar la validez, a causa de la investigación.				X	
Coherencia	Los ítems del instrumento muestran conexión con los indicadores de cada dimensión de la variable Efecto fitorremediador de <i>Lemna minor</i> .				X	
Metodología	La conexión entre el instrumento y la técnica sugerida argumentan la pretensión de la investigación, crecimiento innovable y tecnológico.					X
Pertinencia	La escritura de los ítems coincide 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, embargo un menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

Opinión de Aplicabilidad:

El instrumento elaborado posibilita observar los efectos del desarrollo de *Lemna minor* de manera cuantitativa y cualitativa

PROMEDIO DE VALORACION

43

Piura, 28 de Mayo del 2021

YOLINDA DEL JESUS MENA PALACIOS
 INGENIERA AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 223448

Figura15. Ficha de registro de campo

Anexo N°02: Instrumentos de recolección de datos para las características del efecto fitorremediador de *Lemna minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla.

		FICHA DE REGISTRO DE CAMPO	
DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	:: Lagunas de oxidación	Departamento:	:: Piura
Uso principal del Agua	:: Agua residual municipal	Provincia:	:: Piura
Dirección del predio	:: DA.418 Tácala	Distrito:	:: Castilla
DATOS DE PUNTO DE MUESTREO			
Coordenadas UTM	:: N: 9430442 E: 545792	Muestreador	:: Francisco Villa Soto
Temperatura	:: 22.2	Tipo de muestreo	:: Simple
PH	:: 7.33	Distrito	:: Castilla
DATOS DE LA MUESTRA			
Código de Campo	:: AG-01 (inicial)	Cantidad de muestra	:: 500-520 ml
Fecha de Muestreo	:: 05-04-2021	Medidas de conservación	:: 4°C
Hora de muestreo	:: 10:30	Profundidad	:: Superficial
Observaciones:		Croquis:	
			

Fuente: Elaboración Propia

Figura16. Ficha de registro de Campo Sistema Fitorremediador Piloto

Anexo N°02: Instrumentos de recolección de datos para las características del efecto fitorremediador de *Lemna minor* en aguas contaminadas de las lagunas de oxidación de tácala – castilla.

		FICHA DE REGISTRO DE CAMPO	
DATOS GENERALES			
Nombre del sitio de estudio	: Sistema Fitorremediador Piloto	Departamento:	: Piura
Uso principal del Agua	: Agua residual municipal tratada	Provincia:	: Piura
Dirección del predio	: AAHH Las Mercedes	Distrito:	: Castilla
DATOS DE PUNTO DE MUESTREO			
Coordenadas UTM	: N: 9425625 E: 645457	Muestreador	: Francisco Pizarro
Temperatura	: 21.8	Tipo de muestreo	: Simple
PH	: 7.22	Distrito	: Castilla
DATOS DE LA MUESTRA			
Código de Campo	: AG-02 (Final)	Cantidad de muestra	: 1000 - 500 mL
Fecha de Muestreo	: 07-05-2021	Medidas de conservación	: ≤ 6°C
Hora de muestreo	: 11:00	Profundidad	: Superficial
Observaciones:		Croquis:	
			

Fuente: Elaboración Propia

Figura17. Ficha de control de crecimiento de la planta *Lemna Minor*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE CONTROL DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA LEMNA MINOR			
LUGAR DE ESTUDIO	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	FECHA	FIRMA
	Castilla	Piura	Piura	06-04-2021	[Firma]
PROYECTO					
EFECTO FITORREMEDIAADOR DE LEMNA MINOR EN AGUAS CONTAMINADAS DE LA LAGUNA DE OXIDACION DE TACALA - CASTILLA- 2021					
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS					
VARIABLE	Número de días	Tamaño inicial de planta	Tamaño final de plantas	Tamaño inicial raíces	Tamaño final raíces
Efecto fitorremediador de Lemna minor	10 días	0.3 cm	0.4 cm	0.4 cm	0.5 cm
		0.4 cm	0.4 cm	0.5 cm	0.6 cm
		0.4 cm	0.5 cm	0.6 cm	0.7 cm
		0.5 cm	0.6 cm	0.7 cm	0.8 cm
		0.7 cm	0.7 cm	0.9 cm	0.9 cm
	20 días	0.9 cm	0.8 cm	1.0 cm	1.0 cm
		1.0 cm	0.9 cm	1.2 cm	1.1 cm
		1.0 cm	1.0 cm	1.2 cm	1.1 cm
		1.3 cm	1.2 cm	1.3 cm	1.2 cm
		1.5 cm	1.4 cm	1.4 cm	1.3 cm

Figura18. Construcción de las dos lagunas pilotos del sistema fitorremediador



Fuente: Elaboración Propia

Figura19. Observación de campo de la laguna de oxidación y del canal de concentración de *Lemna minor*



Fuente: Elaboración Propia

Figura20. Monitoreo de la evolución de la especie



Fuente: Elaboración Propia

Figura21. Extracción de muestras de las aguas residuales del sistema fitorremediador Piloto.



Fuente: Elaboración Propia