

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS
PISTIA STRATIOTES Y EICHORNIA CRASSIPES EN EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL
DISTRITO DE REQUE PROVINCIA DE CHICLAYO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

AUTOR

JHIAMIL STALIN DELGADO VASQUEZ

ASESOR

CARMEN CHILON MUÑOZ

<https://orcid.org/0000-0002-7644-4201>

Chiclayo, 2021

**EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS
ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA
CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE
REQUE PROVINCIA DE CHICLAYO**

PRESENTADA POR:
JHIAMIL STALIN DELGADO VASQUEZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR:

Joaquín Hernán Rojas Oblitas
PRESIDENTE

Wilmer Moisés Zelada Zamora
SECRETARIO

Carmen Chilón Muñoz
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres, por todo el esfuerzo que han realizado para que pueda lograr este objetivo, por su apoyo incondicional y todos los valores que me inculcaron.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo lo que me inculcaron -empezando por los valores-, de igual manera, por todo el esfuerzo y los sacrificios que han hecho durante su vida por mi persona.

A mi asesor por las recomendaciones y por el apoyo durante el proceso de ejecución del proyecto.

A la universidad por los conocimientos impartidos durante mi proceso de formación profesional.

ÍNDICE

Resumen	10
Abstract.....	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.2 Bases Teóricas	20
2.3. Definición de términos básicos.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	25
3.2. Diseño de investigación.....	25
3.3. Población, muestra, muestreo.....	25
3.4. Criterios de selección.....	25
3.5. Operacionalización de variables	25
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.7. Procedimientos	26
3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos.....	29
3.9. Consideraciones éticas.....	29
3.10. Matriz de consistencia.....	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Análisis de los datos	36
4.2. Descripción del tratamiento existente.....	37
4.3. Análisis de la remoción de coliformes termotolerantes.....	38
4.4. Análisis de la evolución del PH.....	41
4.5. Análisis sólidos totales suspendido	44
4.6. Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	47
4.7. Análisis de demanda química de oxígeno	50
4.8. Análisis de los aceites y grasas.....	53
4.9 Análisis de variación de la temperatura.....	55
V. CONCLUSIONES	59
VI. RECOMENDACIONES	61
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
VIII. ANEXOS.	64

Lista de tablas

Tabla 1 Clasificación del pH del agua	21
Tabla 2 Tipos de proceso llevados a cabo por plantas macrófitas en el proceso de fitorremediación	24
Tabla 3 Operacionalización de variables	25
Tabla 4 Matriz de consistencia	30
Tabla 5 Resumen de resultados de ensayos de laboratorio de las muestras de agua residual	37
Tabla 6 Tabla de valores de parámetros de la salida de PTAR y los LMP de la norma	37
Tabla 7 Porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes con los diferentes tratamientos	38
Tabla 8 Variación del pH con los diferentes tipos de tratamiento	41
Tabla 9 Remoción de TSS -sólidos suspendidos totales-	44
Tabla 10 Remoción de DBO según los tratamientos	47
Tabla 11 Porcentaje de remoción de acuerdo con los tratamientos	50
Tabla 12 Porcentajes de remoción de aceites y grasas según tratamiento	53
Tabla 13 Variación de la temperatura según tratamiento	55

Lista de imágenes

Imagen 1 Sección transversal de un humedal artificial con flujo superficial	23
Imagen 2 Modelo de tanque séptico	24
Imagen 3 Tanque de sedimentación diseñado (Ver anexo 1)	27
Imagen 4 Vista frontal de los modelos de tratamiento	27
Imagen 5 Vista lateral de los modelos de tratamiento	28
Imagen 6 Distribución y cantidad de Lechugas de agua (<i>Pistia stratiotes</i>)	28
Imagen 7 Distribución y cantidad de Jacintos de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	28
Imagen 8 Modelo de tanque séptico	32
Imagen 9 Modelos de microcosmos a escala	33
Imagen 10 Tanque séptico en funcionamiento	34
Imagen 11 Modelos de microcosmos a escala en funcionamiento día 1	34
Imagen 12 Modelos de microcosmos en funcionamiento, día 7	35
Imagen 13 Jacinto de agua día 14	36
Imagen 14 Lechugas de agua y jacintos de agua día 21	36

Lista de gráficos

Gráfico 1 Coliformes termotolerantes, tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	39
Gráfico 2 Coliformes termotolerantes, tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	39
Gráfico 3 Coliformes termotolerantes, tratamiento de control	40
Gráfico 4 Remoción de coliformes termotolerantes, según el tratamiento y el tiempo	40
Gráfico 5 PH, tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	41
Gráfico 6 PH, tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	42
Gráfico 7 PH, tratamiento de control	42
Gráfico 8 pH, según el tratamiento y el tiempo	43
Gráfico 9 Gráfico 9 Sólidos totales suspendidos, tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	44
Gráfico 10 Sólidos totales suspendidos, tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	45
Gráfico 11 Sólidos totales suspendidos, tratamiento de control	45
Gráfico 12 Remoción de sólidos totales suspendidos, según el tratamiento y el tiempo	46
Gráfico 13 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅), tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	47
Gráfico 14 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅), tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	48
Gráfico 15 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅), tratamiento de control	48
Gráfico 16 Remoción de DBO, según el tratamiento y el tiempo	49
Gráfico 17 Demanda química de oxígeno (DQO), tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	50
Gráfico 18 Demanda química de oxígeno, (DQO), tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	51
Gráfico 19 Demanda química de oxígeno, (DQO), tratamiento de control	51
Gráfico 20 Remoción de DQO según el tratamiento y el tiempo	52
Gráfico 21 Aceites y grasas, tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	53
Gráfico 22 Aceites y grasas, tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	54
Gráfico 23 Aceites y grasas, tratamiento de control	54
Gráfico 24 Remoción de aceites y grasas según el tratamiento y tiempo	55
Gráfico 25 Temperatura, tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i>	56
Gráfico 26 Temperatura, tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i>	56
Gráfico 27 Temperatura, tratamiento de control	57
Gráfico 28 Variación de la temperatura según el tratamiento y el tiempo	57

Lista de anexos

Anexos 1 Diseño de tanque séptico para tratamiento primario	64
Anexos 2 Tabla de valores de temperatura humedad y precipitaciones durante el tiempo de experimentación	66
Anexos 3 Toma de muestras de afluente a la PTAR	67
Anexos 4 Toma de muestras de efluente de PTAR	67
Anexos 5 Fotografía después de haber llenado el tanque séptico	68
Anexos 6 Fotografía de tanque séptico en funcionamiento	68
Anexos 7 Fotografía de las tres muestras de agua periódicas para cada parámetro	69
Anexos 8 Desarrollo de las plantas a los 21 días, en la etapa final	70
Anexos 9 Respuesta de aceptación para permisos de tomas de muestra y utilización de instalaciones, EPSEL	71
Anexos 10 Resultados de laboratorio de muestra tomada el 20/04/2021	72
Anexos 11 Resultados de laboratorio de muestra tomada el 27/04/2021	75
Anexos 12 Resultados de laboratorio de muestras tomadas el 04/05/2021	78
Anexos 13 Resultado de laboratorio de muestras tomadas el 11/05/2021	81
Anexos 14 Resultado de laboratorio de muestras tomadas el 18/05/2021	84

Resumen

En el proyecto de investigación se evalúa el aporte de las plantas lechuga de agua y jacinto de agua en el tratamiento de aguas residuales en el tratamiento de las aguas residuales municipales del distrito de Reque, provincia de Chiclayo. Esta investigación nace como alternativa al deficiente tratamiento de las aguas residuales tanto a nivel nacional y local, además de tener un fin netamente investigativo, por lo cual se comparó el aporte de las plantas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en 3 muestras: una de control, una con jacinto de agua, una con lechuga de agua, en modelos a escala, antes de este proceso se realizará un pretratamiento y un tratamiento primario que consiste en un tanque séptico a escala. Los resultados obtenidos indican que las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* si remueven los parámetros evaluados y cumplen con los LMP (Límites máximos permisibles), en algunos parámetros no existe diferencia significativa con el tratamiento de control sin plantas, pero sí lo suficiente como para cumplir las normativas; se evaluó remoción de: coliformes termotolerantes, pH, DBO, DQO, TSS, aceites y grasas y temperatura. El tiempo óptimo de remoción de *Pistia stratiotes* fue de 7 días y de *Eichhornia crassipes* a los 14 días.

Palabras clave: Jacinto de Agua; Lechuga de agua, Tratamiento de aguas residuales, plantas acuáticas, *pistia stratiotes*, *eichhornia crass*

Abstract

The research project evaluates the contribution of the water lettuce and water hyacinth plants in the treatment of wastewater in the treatment of municipal wastewater in the district of Reque, province of Chiclayo. This research was born as an alternative to the deficient treatment of wastewater both nationally and locally, in addition to having a purely investigative purpose, for which the contribution of the *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* plants was compared in 3 samples: one of control, one with water hyacinth, one with water lettuce, in scale models, before this process a pre-treatment and a primary treatment consisting of a scale septic tank were carried out. The results obtained indicate that the aquatic plants *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* if they remove the evaluated parameters and comply with the MPL (Maximum permissible limits), in some parameters there is no significant difference with the control treatment without plants, but enough to comply the regulations; Removal of: thermotolerant coliforms, pH, BOD, COD, TSS, oils and fats and temperature was evaluated. Optimum removal time for *Pistia stratiotes* was 7 days and *Eichhornia crassipes* at 14 days.

Keywords: Water Hyacinth; Water lettuce, Wastewater treatment, aquatic plants, *pistia stratiotes*, *eichhornia crassipes*.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento básico para la vida, pero en la actualidad seguimos desperdiciando recursos y contaminando los que tenemos, en el contexto internacional, Yee [1] afirma que en Latinoamérica aproximadamente un 70% del agua que utilizamos va directamente a los ríos sin ningún tratamiento. Lo que debería ser inaceptable ya que actualmente se cuenta con las tecnologías para un debido proceso de depuración y su posterior utilización en sectores como los recreacionales o la agricultura. El tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente y por salud pública.

Si nos centramos en el Perú tenemos los informes de la Sunass en 2015 [2] el 90% de las plantas de tratamientos del país no cuentan con autorizaciones de reúso y sus LMP son ajustados. Por lo que se deduce, que el tratamiento que se le da a las aguas actualmente no es el adecuado y va a parar al mar o a ríos contaminándolos y poniendo en riesgo la salud de las personas y la misma fauna que habita esos ecosistemas. Además, según datos de la revisión de la SUNASS en 2008 el Perú solo trataba el 30% de las aguas residuales, la diferencia iba directamente sin tratamiento a cuerpos receptores; así mismo, solo el 14% de las aguas residuales tratadas cumplían con la normativa.

Los humedales son ecosistemas donde se produce un proceso de purificación del agua por medio de plantas fitorremediadoras. Han sido estudiados en numerosas investigaciones ya que hay una variedad de plantas que analizar, su costo de implementación y mantenimiento es económico. La fitorremediación depende de varios factores, por ejemplo, el tipo de planta acuática o si los humedales son de flujo superficial o subsuperficial. Dos de las plantas acuáticas con mayores propiedades de purificación son la Lechuga de agua y el jacinto de agua, por lo que evaluar este tipo de plantas en diversos medios y tipo de agua es un tema necesario, por lo tanto, ver el aporte o capacidad de remoción de contaminantes en el agua residual en un centro médico es un aporte de nuevo conocimiento ya que hay escasa información sobre el tema (Comisión Nacional del Agua). [3]

Se puede afirmar de las investigaciones consultadas que el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), y la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), crecen en lugares donde hay carga orgánica y nutrientes, por ej., en drenes mal cuidados o sin la limpieza adecuada, por lo que, sabiendo sus propiedades de depuración, se desea saber cuál es el aporte en la remoción de los contaminantes del agua residual producida por esta institución. [4]

Las investigaciones realizadas respecto a estas plantas varían dependiendo al lugar – condiciones climáticas- y al tipo de agua estudiada, por lo que en mucho lugar se ha

investigado sobre agricultura, porcicultura, tratamiento de metales pesado, pero no hay investigaciones previas realizadas en la región Lambayeque respecto al tipo de agua que se va a analizar, exactamente de una institución.

Por lo que se realizará una investigación con las características mencionadas para responder a la pregunta ¿Cuál es el aporte de las plantas acuáticas Pistia Stratiotes y Eichhornia Crassipes en el tratamiento de aguas residuales municipales del distrito de Reque?

Esto se justifica en los ámbitos; ambiental, ya que actualmente los tratamientos que se da en las plantas del Perú y específicamente en Chiclayo son deficientes ya sea por el casi nulo mantenimiento que se le da o por el mal estado de los componentes del mismo, por lo que el tratamiento propuesto podría brindar una manera efectiva para complementar los tratamientos ya existentes, así mismo por su bajo costo se podría implementar y aprovechar esa agua.

Económica, si se demuestra que estas plantas aportan de manera significativa a la reducción de contaminantes del agua analizada se podría implementar como una medida económica y de bajo mantenimiento ya que es un sistema de humedales. social, Ayudará a reducir las enfermedades en cuanto más agua sea tratada y cumpliendo los límites máximos permisibles. Por lo que sería una buena alternativa a evaluar a mayor escala. Educativa, No hay investigaciones previas realizadas en la región Lambayeque respecto al tipo de agua que se va a analizar.

Como objetivo general se tiene el evaluar el aporte de las plantas acuáticas flotantes, Jacinto de agua (*E. crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), al tratamiento de las aguas residuales municipales en el distrito de Reque. Para esto se necesita, determinar las condiciones ambientales donde se realiza el experimento; construir modelos a escala de microcosmos para el tratamiento de estas aguas producto de las actividades del hombre; determinar el porcentaje de eliminación de materia orgánica de los esquemas o modelos aplicando Jacinto de agua y lechuga flotante teniendo en cuenta el tiempo de tratamiento o exposición de las aguas residuales municipales a estas plantas; comparar el aporte de ambas plantas en la depuración de las aguas producto de las actividades humanas en este sector; y finalmente hacer una comparación entre los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio -físicoquímico con los valores permitidos de la norma, para efluentes de este tipo de agua.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Las principales investigaciones que se han hecho respecto al tema son las siguientes:

Mendoza, Pérez y Galindo en 2018 realizan la investigación [5] “*Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales*”. Esta investigación estuvo a cargo de la universidad de la Guajira, se realiza en Colombia, exactamente en la ciudad de Riohacha, en el cual se desea determinar la capacidad de remoción de contaminantes del agua residual de la ciudad mediante plantas acuáticas flotantes -jacinto de agua y lechuga de agua, como se conoce normalmente. Del proceso o metodología, podemos destacar que se realizó un proceso de aclimatación para las plantas durante el periodo de cuarenta días, además se hizo un control para la selección de las plantas, dentro de los parámetros era que las plantas debían medir más de 20 centímetros desde la copa hasta la raíz.

Se construyeron 6 modelos que consisten básicamente en: el primero, un modelo o microcosmo en el que se colocará 100% de lechugas de agua; el segundo, 100% jacintos de agua; el tercero, una combinación de 50% de ambas plantas, el cuarto, solo 50% de lechuga de agua, el quinto, solo 50% de jacinto de agua; y finalmente un modelo de control, en el que solamente irá agua pura. Los modelos construidos fueron de las siguientes dimensiones: 0.75x0.45x0.25, lo que genera un volumen de 84 litros, pero en el que solo se ocupó 40 litros de volumen de agua. En resumen, los resultados fueron que los aportes al tratamiento de aguas residuales por parte de las plantas macrófitas flotantes no era significativo, pero las pequeñas variaciones o aportes adicionales pueden permitir cumplir con las exigencias de las normativas, se destaca el potencial de remoción de la Pistia stratiotes.

Sayago en 2016 [6] realiza “*Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes*”. Esta investigación realizada en Colombia trata sobre el tratamiento de aguas residuales producto de la curtiembre que es el proceso por el cual se convierte la piel en cuero. El agua residual producto de esta actividad ha ido causando impactos negativos al ambiente, ya que se vertía al cuerpo receptor directamente, el principal compuesto contaminante y para el cual las regulaciones extranjeras piden valores menores a 0.5 mg/l es el cromo. Para el desarrollo del modelo experimental, se han tomado tres muestras del agua de curtiembre y se ha mezclado con agua destilada en proporciones de 40% y 60% alternadamente. La dimensión de los modelos en los que se almacenaría el agua es de 0.15x0.40x0.15 metros.

Los resultados obtenidos de esta investigación tomadas las muestras cada dos días, en las que se evalúa la remoción de DBO y cromo son: una reducción de más del 15% de cromo a los dos primeros días y más del 30% a los 3 días, además la reducción es constante hasta los 24 días, a partir del cual se empieza a uniformizar, cabe recalcar que la diferencia entre los tres modelos insignificante. Además, los resultados obtenidos no cumplen con la normativa que regía en el 2015, por lo que se recomienda un tratamiento complementario, puesto que el tratamiento con jacinto de agua es de bajo costo inicial y un mantenimiento moderado.

Poveda en 2014 [7] investiga "*Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*". Esta investigación se realiza en Ecuador, el objetivo de la investigación es poner a prueba remoción de contaminantes del agua producto de uso industrial (lavandería) o uso agrícola por plantas acuáticas, para ver el potencial de estas plantas como especies fitorremediadoras, así mismo con estas cumplir con los requerimientos ambientales que exigen la normativa del país. Las normas que rigen esto son: el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y Norma INEN.

Se evaluaron distintas plantas con la exposición a este tipo de aguas residuales las cuales son: Azolla, Lenteja de agua, Salvinia, Jacinto de agua y el Trébol de agua. Para los cuales se analizaron las condiciones y la capacidad de las plantas para adaptarse al medio en el que se encontraban, midiéndose así en las plantas el número de hojas verdes semanalmente. También se midió el porcentaje de biomasa producida semanalmente del peso seco y se determinó el tratamiento óptimo usando estadística con el programa con un 95% de confiabilidad, aplicando la prueba Turkey.

Los resultados fueron que la mayor remoción de contaminantes y su adaptación al medio lo producirán el Lirio de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna spp.*), lo que demuestra que son las más aptas para el proceso de depuración por fitorremediación. Los parámetros obtenidos de los muestreos en laboratorio fueron: ensayos químicos, biológicos y microbiológicos. Como pH, grasas, DBO5, DQO, aceites, detergentes, coliformes fecales, entre otros. La periodicidad fue de una muestra semanal durante tres semanas. Los análisis estadísticos determinaron que estas especies remueven cantidades parecidas de contaminantes, aunque el jacinto de agua era un poco más efectivo en el tratamiento de aguas industriales.

Granda en 2016 investiga [8] "*Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies vegetales (pistia stratiotes l) y (hydrocotyle ranunculoides l.f) en el tratamiento de las aguas*

contaminadas por la porcicultura en la granja "El Guayabal" del barrio Nambija Bajo, cantón Zamora." Esta investigación se realizó en Zamora, Ecuador y trata sobre la técnica de la fitorremediación, en este caso para tratar el agua residual de una granja. La finalidad principal de la investigación es contribuir a la depuración del disolvente universal residual producto de la porcicultura, mediante plantas fitorremediadoras. Para lo cual se va a realizar un diagnóstico de las aguas, provenientes de esta actividad. También se evaluó el potencial biorremediador de las plantas a utilizar.

El trabajo de investigación constó de tres fases, en la primera parte se realizó el diagnóstico del agua producida por la granja por medio de un trabajo de inspección de campo y cuestionario al dueño, luego la fase dos se realizaron ensayos al agua para saber su estado actual, además se construyeron los modelos donde se tratarán las aguas residuales, que contarían con 3 repeticiones con dos especies de plantas propuestas. Para la tercera fase se comprobó el nivel de polución de las aguas residuales por ambas plantas, así mismo se utilizó un método estadístico para la verificación de la hipótesis planteada en un principio del proyecto. Los resultados obtenidos en la investigación más importantes son: "SST 2,6%, DBO5 1,9%, DQO 28%, N 2,6%, Coliformes fecales 1,9% y P 10,6% con la especie *Hydrocotyle ranunculoides* L.f".

Salazar en 2015 realizó un estudio titulado [9] "*Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia crassipes "jacinto de agua"*". El proyecto de indagación realizado en la selva peruana trata del análisis del comportamiento de la planta *Eichhornia crassipes* en tres condiciones de pH: ácido, neutro y alcalino, con el objetivo de especificar en cuál medio se obtenía mejores valores de remoción de mercurio.

Para la investigación se realizó una evaluación de las condiciones básicas para la supervivencia de estas plantas en un medio con mercurio, también se llevó a cabo un proceso de adaptación de las plantas a los medios ácido, básico y neutro en los que se va a realizar el ensayo, adicionando dosis regulares de mercurio de manera creciente. Los resultados muestran que las lechugas de agua (*Eichhornia crassipes*), se comporta con un neutralizador de pH, pero con más eficiencia en un medio básico, permitiendo un mayor desarrollo de las raíces de las plantas.

La remoción de mercurio se realizó posteriormente en el agua que varió entre en intervalo 0.05 a 0.5 ppm, en las condiciones de pH, con un testigo de acompañamiento. La delimitación de la concentración de mercurio se realizó mediante el método de la ditizona, con las tomas de datos respectivas a un espectrofotómetro UV- visible, a una longitud de

onda de 520 mm. Superando al medio neutro, el producto del proyecto demostró que la mayor medida de eliminación de mercurio se dio en un medio básico, con una media de eliminación de 94.68%. Además, se realizó la evaluación de remoción en intervalos de tiempo, teniendo las 11 primeras horas como tiempo de estudio, en las cuales la mayor remoción se produjo en las 3 primeras horas. Posteriormente se evaluó en un humedal artificial superficial de flujo continuo a escala, teniendo como resultado una eliminación del 99.5% del metal.

Vásquez en 2018 investiga [10] “*Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la Universidad César Vallejo - Trujillo utilizando jacinto de agua (eichhornia crassipes) en humedales artificiales*”. Esta investigación se realizó en la urbe de Trujillo, Perú. El agua producto de las actividades humanas evaluada se tomó de la Universidad César Vallejo de Trujillo, para la cual se evaluaron tres parámetros de calidad de agua, que miden la contaminación las cuales son: parámetros fisicoquímicos: DBO5, DQO, SST anterior del tratamiento y posterior como producto del proceso de depuración. Este proceso de tratamiento se realizó mediante humedales artificiales, que tenían una capacidad de 20 litros.

La duración del ensayo fue de 15 días, con toma de datos y ensayos periódicos cada 5 días. Después de haberse procesado los datos la conclusión a la que se puede llegar es que la máxima capacidad del DQO se da a los 10 días obteniéndose una remoción de 65.1%, el DBO5 a los 15 días fue de 63.9 % y los SST a los 10 días fue de 68.2%; por lo tanto, la eliminación de materia orgánica. Al hacer las comparaciones de la eliminación de materia orgánica en el tiempo con y sin jacinto de agua se llega a diferencias considerables. Al comparar el producto del tratamiento de las aguas residuales y los límites máximos permisibles establecidos en la norma a los 15 días, se llega a la conclusión que cumple con lo establecido.

Aragón, Parra y Peña [11] realizaron en 2015 un estudio titulado “*Evaluación preliminar del funcionamiento de un sistema prototipo de humedales artificiales empleando Heliconia Psittacorum y Cyperus Papyrus para el tratamiento de aguas residuales*” realizado en la ciudad de Huila donde se evaluaron los parámetros BO5, DQO, CE, OD, STD, sólidos sedimentables, coliformes fecales y totales, con un resultado satisfactorio. El proceso realizado fue de un primer tratamiento en un tanque de plástico de 500l que simula un tanque séptico, luego para a otro tanque de plástico donde las plantas fitorremediadoras harán su trabajo y se realizará el proceso de depuración a través de un flujo subsuperficial ascendente, luego se pasa a un tercer proceso que repite lo que se hizo en el proceso 2, se utiliza un

humedal de flujo subsuperficial ascendente, donde las plantas harán su trabajo de fitorremediación.

Como resultados del sistema de tratamiento a escala realizado tenemos: “[...]remociones de DBO (31%), alta remoción de DQO (93%), disminución de OD (14,1%) en el efluente, aumento en la cantidad de Sólidos Totales Disueltos (6,6%), una total remoción de Sólidos Sedimentables (100%) y una tendencia al aumento de la Conductividad Eléctrica (6,6%). A nivel microbiológico presenta eficiencias mayores a 90% en remoción de Coliformes Fecales y Totales” Lo que resumido en pocas palabras significa que se han logrado resultados óptimos para las plantas empleando *Heliconia Psittacorum* y *Cyperus Papyrus*.

Granada y Carreño [12] en su investigación “*Design, Development, and Evaluation of a Laboratory-Scale Phytoremediation System Using Eichhornia Crassipes for the Treatment of Chromium-Contaminated Waters*” en esta investigación realizada en 2016 en Bogotá se busca medir la eficiencia de la planta macrófita *Eichhornia Crassipes* en el tratamiento de aguas residuales producto de la curtiembre, básicamente lo que se desea remover es la alta concentración de Cromo, para lo cual se realizó el siguiente proceso, primero se caracterizó el agua residual, luego se construyó el sistema a escala fuera de la ciudad de Bogotá, para la optimización de estos procesos se propuso el diseño de un filtro biológico utilizando la celulosa de la misma planta, en conclusión la acción fitorremediadora de esta planta acuática flotante es correcta, para que se obtenga resultados óptimos las plantas deben alternarse, tanto así que se pueden llegar a remociones del 90% . Sin embargo, no se consideró el coste, por lo que la investigación recomienda evaluar este aspecto.

Valipour, Venkatraman y Young-Ho [13], realizan la investigación “*Effectiveness of domestic wastewater treatment using a bio-hedge wather hyacinth wetland system*” en la que desean mejorar el tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales puesto que se necesita de amplios espacios y una considerable inversión de capital. Para lo que se ha evaluado el jacinto de agua con la tecnología Bio-hedge que consiste esencialmente en una malla vertical que separa las plantas y va ubicada de manera paralela al flujo del agua, esto genera una biopelícula de microorganismos para remover los parámetros de contaminación del agua residual. Se realizó el experimento en sistemas a escala, un sistema de flujo continuo superficial, las medidas de los estanques fueron de 0.47m x0.31m x 0.18m y un volumen de agua de 21 litros en presencia de vegetación. El experimento duró un año.

Dentro de los principales resultados podemos citar, que el tratamiento experimental tuvo un mejor desempeño en cuanto a remoción de nutrientes y materia orgánica en comparación con el tradicional método con jacintos de agua, se redujo entre 33% a 67%. El crecimiento

de las plantas no tuvo ningún percance, ni problemas anatómicos, hubo un crecimiento regular del 1.25% cada día. Otro aspecto evaluado es el económico, también se redujo al disminuir el consumo de energía. La calidad de salida del efluente fue favorable al mejorar su condición.

[14] Akinbile y Yusoff realizan la investigación “*Assessing water hyacinth (Eichhornia Crassopes) and lettuce (Pistia Stratiotes) effectiveness in aquaculture wastewater treatment*” Donde evalúan el tratamiento de agua residual con jacinto de agua y lechuga de agua en agua residual producto de la acuicultura, este proyecto se realiza en Malasia, en la piscifactoría en Semanggol Perak. Dentro de los parámetros evaluados se encuentra el oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, el nitrito fosfato, nitritos, nitratos, amoníaco, entre otros.

Los resultados fueron los siguientes: el jacinto de agua aumentó el pH de 5.52 a 5.59 y de 4.45 a 5.5, en cuanto a la lechuga de agua cambió el pH desde 5.76 a 6.49 y 6.24 a 7.07. En conclusión, hubo una buena remoción de parámetros, ya que los porcentajes nos plasman que la turbidez disminuyó en un 85.26% y 87.05% con el jacinto de agua, mientras que la lechuga de agua nos da valores de 92.70% y 93.69% respectivamente. Para el resto de los parámetros la remoción es similar, se obtuvo un resultado positivo de todo el experimento, por lo que la aplicación de estas plantas en este tipo de agua residual es adecuada y una alternativa factible.

[15] Rezanía, et al. realizan la investigación “*The efficient role of aquatic plant (water hyacinth) in treating domestic wastewater in continuous system*” en Malasia, donde se puso a prueba la purificación del agua residual doméstica utilizando jacinto de agua, para lo que se controlaron 10 parámetros, dentro de lo que tenemos, DBO (Demanda bioquímica de oxígeno), DQO (Demanda química de oxígeno), OD (Oxígeno disuelto), los TSS (Sólidos suspendidos totales) conductividad eléctrica, pH, entre otros. Las muestras de agua se sacaron del río Malasia y los resultados se compararon con las normativas que rigen en el país y el índice de calidad del agua. El experimento duró tres semanas.

De esta investigación obtenemos que el tratamiento óptimo con jacinto de agua en estas condiciones es a los 14 días, donde más se reduce los niveles en los parámetros medidos. La calidad del agua mejoró y de clase IV y III pasó a II, de acuerdo con la clasificación del índice de calidad de agua. Según los resultados uno de los factores más importantes para la eficiencia del tratamiento es el crecimiento de las plantas y esto está directamente relacionado a todos los parámetros. La mejora de la calidad del agua obtenida se debe básicamente a la reducción de niveles de parámetros en un intervalo de 38% a 96%, lo que

nos da resultados satisfactorios. Ya que el tratamiento fue óptimo a los 14 días, los resultados a las 3 semanas nos dan valores más desfavorables.

2.2 Bases Teóricas

Basándonos en el libro de Larios, Gonzales y Morales [16]

Cloración: Consiste en el suministro de cloro o sus derivados al agua producto de las actividades que no pueden ser utilizadas, para su purificación y en más beneficios como la oxidación y control de hedor [17]

Desinfección: Se refiere a la exterminación de agentes patógenos, tales como bacterias, microorganismos, virus, entre otros. Esto por medio de agentes químicos, luz UV, ozonificación, entre otros métodos [17]

Depuración de aguas residuales: Consiste en la purificación o desinfección de aguas residuales en las que se elimina sustancias nocivas o que interfieran con el correcto ciclo del agua, contaminando los efluentes [17]

Muestreo: Es la toma de muestra para un análisis de parámetros, consiste en igual manera en la conservación para garantizar las condiciones óptimas y un correcto resultado [17]

Agua residual: Podemos llamar agua residual al agua que producto de las actividades humanas contienen sustancias que la hacen inutilizable, esto por todos los componentes nocivos que contiene, podemos clasificarla de acuerdo al origen en donde se produce, dentro de las principales tenemos: aguas residuales municipales, producto de las actividades domésticas, institucionales, comercio, entre otras actividades propias de una ciudad; tenemos por otro lado el agua cruda, que es el agua residual sin ningún tipo de tratamiento; las aguas residuales industriales son las consecuencias de esta actividad -industria-. [18]

Sólidos: Cuando nos referimos a sólidos hacemos referencia a la materia suspendida o disuelta en el agua residual, existen dos tipos de sólidos en el agua residual, pues tenemos a los sólidos suspendidos totales y los sólidos disueltos totales, la importancia de determinar la cantidad de sólidos radica en la determinación del método de tratamiento a utilizar, además los sólidos tienen una composición orgánica o inorgánica, de acá que se clasifiquen en sólidos totales volátiles y sólidos totales fijos. [18]

Demanda bioquímica de oxígeno. Nos referimos a la DBO como la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos heterótrofos en condiciones aeróbicas para degradar la materia biodegradable, esto con la finalidad de mantener su metabolismo y reproducirse. Como tiempo estándar para esta medida tenemos se toma a los 5 días, en la que generalmente se oxida entre el 60% y 70% de la materia orgánica. Además, se recomienda hacer una comparación y un complemento con la demanda química de oxígeno (DQO) [18]

Temperatura: La temperatura de las aguas residuales es mayor a la del agua potable, puesto que se incorpora agua caliente producto de las actividades domésticas e institucionales o comerciales en una zona urbana, la temperatura óptima para el trabajo correcto de los microorganismos y plantas es de 25 a 35, a temperaturas mayores a 50 °C, los procesos aerobios y de nitrificación se detienen y con temperaturas menores a 5 °C se impide la actividad microbiana. [19]

pH: Se refiere a la “concentración de iones hidrógeno en una solución”. Es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua, los parámetros aceptados normalmente comprenden el intervalo de 6 a 9, debido a que en estas condiciones se garantiza la vida acuática, pero la normativa peruana de límites máximos permisibles para el vertimiento de agua tratada a un cuerpo receptor es de 6.5 a 8.5, que serían las condiciones óptimas. [19]

Tabla 1 Clasificación del pH del agua

Ácido		Neutro	Alcalino	
Fuerte	Medio		Medio	Fuerte
0 a 4,3	4,3 a 7	7	7 a 8,2	8,2 a 14

Fuente: Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales (Delgadillo)

Bacterias, virus y parásitos en las aguas residuales: Las bacterias son organismos unicelulares que se adaptan a diferentes formas de vida, tienen diversos tamaños y formas. Las bacterias entéricas son las que normalmente parasitan el intestino de los seres humanos o animales. [19]

Debido a su variedad y el costo para determinar la cantidad de cada tipo de bacterias, normalmente se utiliza la E. Coli como cuantificador de bacterias en el agua residual, por su facilidad en comparación a otras bacterias. Además, los estreptococos también son ampliamente cuantificados y es generalizada su determinación.

Los coliformes son bacterias que se encuentran en plantas, animales, seres humanos, se pueden clasificar en dos grupos, los coliformes totales, capaces de adaptarse a condiciones ambientales diversas, tanto así que pueden estar en las tuberías de agua potable sin problemas. Por el contrario, los coliformes fecales, son un subgrupo de coliformes que subsisten en temperatura más elevadas, aproximadamente 45 °C, lo que hace que el intestino humano sea adecuado para su subsistencia, cerca del 90% a 100% de estos coliformes son de E. Coli. Que se ve reflejado en la evacuación humana -heces fecales.

Los virus son microorganismos que, a diferencia de las bacterias, se encuentran solo en el intestino del huésped, además pueden causar enfermedades con una baja concentración. Los virus son variados y no son representativos en una muestra para determinar la contaminación, puesto que varía su valor significativamente entre muestras y tipos de agua.

Los parásitos, los podemos clasificar en protozoos y helmintos y su importancia radica en el impacto que tienen en las personas vulnerables que tienen un sistema inmunológico deficiente o no desarrollado, como lo son: niños, personas con SIDA, tuberculosis. En los parámetros de contabilización no se separan los tipos de parásitos, se contabiliza como uno solo en conjunto. [19]

Tratamiento de agua: “Remoción por métodos naturales o artificiales de todas las materias objetables presentes en el agua, para alcanzar las metas especificadas en las normas de calidad de agua para consumo humano” [17]

Pretratamiento de aguas residuales. [20] El pretratamiento es una forma de selección del agua residual y los componentes producto de las actividades humanas, para garantizar que el agua vaya a un tratamiento sin exceso de estas, como lo son los sólidos, grasas, partículas de tamaño considerable como grumos de arena, entre otros elementos que puedan perjudicar los componentes de una PTAR, puesto que pueden causar obstrucciones y deterioro de las instalaciones. Entre los principales tipos de pretratamiento tenemos, el cribado, desarenado, desengrasado y la homogeneización.

Tratamiento primario de aguas residuales. [20] El tratamiento primario básicamente consiste en disminuir las partículas en suspensión o sólidos suspendidos, que están compuestos en gran medida por materia orgánica, lo que produce una obvia disminución de la demanda bioquímica de oxígeno o DBO. Dentro del proceso de este tratamiento, tenemos una neutralización del PH del agua para aproximarlo al 7 que es el que debería mantener, luego se prosigue con un proceso de coagulación y floculación mediante químicos para sedimentar las partículas más pesadas y unir las que no tienen el peso suficiente para que sedimenten producto de una coagulación. Por el contrario, las partículas que no pueden sedimentar son filtradas a través de una inyección de aire o burbujas donde estas partículas se adhieren.

Tratamiento secundario de aguas residuales. [20] Se tiene como objetivo la reducción de la materia orgánica, para lo que existen diferentes tipos de tratamiento, puede realizarse a partir de lagunas de estabilización, o con reactores biológicos, el proceso consiste básicamente en microorganismos que depuren la materia orgánica, para lo cual se puede realizar en condiciones aerobias, anaerobias o en condiciones facultativas, en la que conviven microorganismos aerobios -con presencia de oxígeno- o anaerobios -sin presencia de oxígeno-. Para los reactores biológicos se utiliza los lodos activos o activados, que básicamente son microorganismos que trabajan en condiciones anaerobias.

Tratamiento terciario avanzado. [20] El tratamiento terciario de aguas residuales se refiere a disminuir las partículas en suspensión, materia orgánica, coliformes fecales, entre otros parámetros para cumplir con las normativas después de haber realizado un tratamiento secundario convencional, entre los principales métodos de tratamientos tenemos la adsorción, cloración, desinfección entre otros. Otro de los objetivos es eliminar los metales pesados e iones inorgánicos.

2.3. Definición de términos básicos

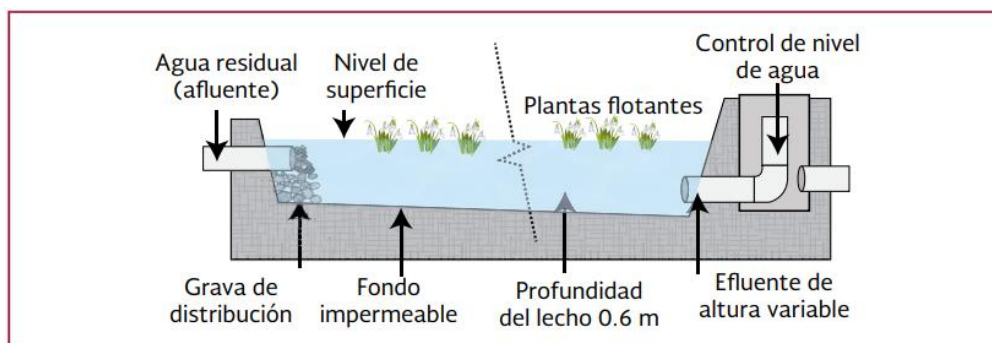
Plantas macrófitas flotantes. Las macrófitas flotantes son un tipo de planta acuáticas capaces de realizar procesos de fitorremediación que básicamente consiste en el tratamiento de aguas residuales, como su nombre lo dice estas plantas son flotantes y capaces de sobrevivir solamente con agua y una temperatura óptima, generalmente en un clima cálido [4]

Según Martelo y Lara [4] El proceso de depuración y tratamiento de aguas residuales, se realizan básicamente en los procesos que se adjuntan en la tabla siguiente:

El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) Es una especie de macrófita flotante, utilizado ampliamente en tratamiento de agua residuales, se caracteriza por ser una planta de agua dulce, con hojas color verde y cortas, con una capacidad de flotabilidad por la forma de su peciolo que son abultados, también se le suele denominar, lirio acuático [4]

La *Pistia stratiotes* (Lechuga de agua). También llamado Lechuguín de agua o repollo de agua es una planta acuática del género *Pistia*, crece normalmente en agua dulce en los climas tropicales y subtropicales, también es utilizado en tratamiento de aguas residuales por su capacidad de remoción de metales. Nitritos y nitratos.

Imagen 1 Sección transversal de un humedal artificial con flujo superficial



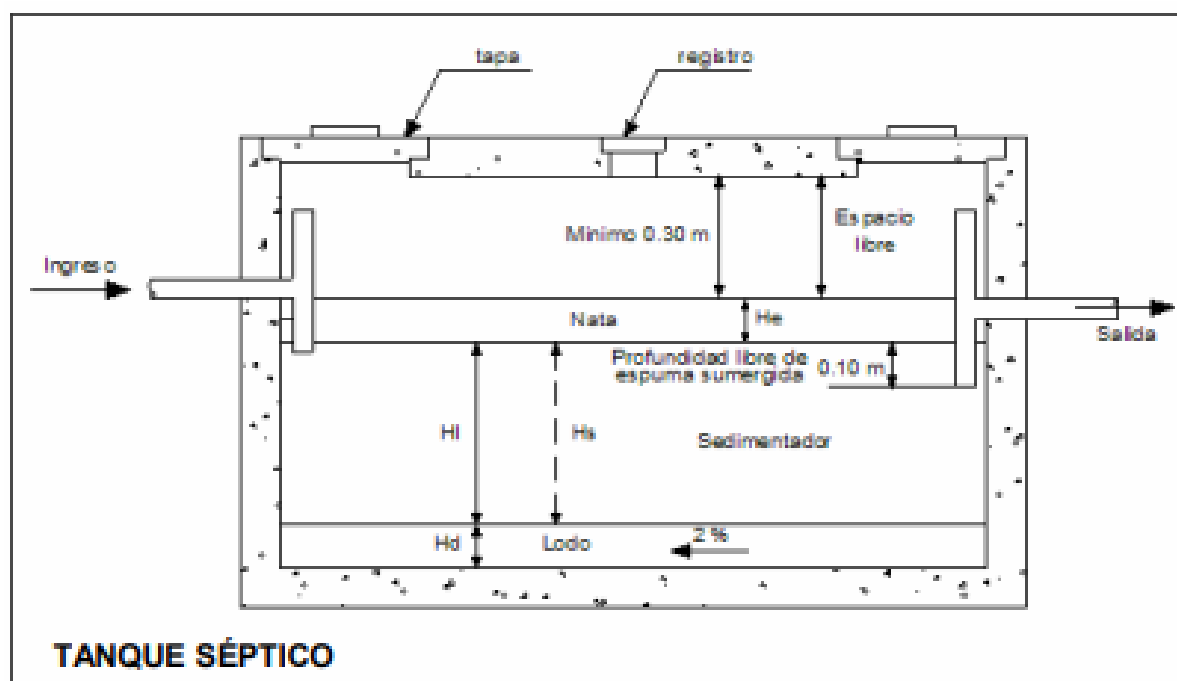
Fuente: Comisión Nacional del Agua. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Humedales artificiales

Tabla 2 Tipos de proceso llevados a cabo por plantas macrófitas en el proceso de fitorremediación

Tipo	Proceso Involucrado	Contaminación Tratada
Fitoextracción	Las macrófitas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces).	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las macrófitas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Las macrófitas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de desecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, entre otros.
Fitovolatilización	Las macrófitas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las macrófitas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, entre otros.

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Humedales artificiales

Imagen 2 Modelo de tanque séptico



Fuente: Organización Panamericana de la Salud

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo y nivel de investigación

El diseño de la investigación será:

- **Cuantitativo**, porque se cuantifican las variables o parámetros a evaluar.
- **Aplicada**, porque se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en una determinada población.
- **Investigativa**, porque se desea generar nuevo conocimiento respecto al tratamiento en una población determinada.

3.2. Diseño de investigación

- **Experimental**, porque se evaluarán los parámetros aplicando un sistema experimental.

Los modelos experimentales no serán representativos de las lagunas actuales, puesto que no es el objetivo de la investigación, se construirán con el objetivo de obtener un tratamiento adecuado con las plantas acuáticas, donde se garantice el crecimiento de raíces y una lámina de agua adecuada para la reproducción de las mismas.

3.3. Población, muestra, muestreo

La población será las aguas residuales municipales del distrito de Reque. La muestra será igual a porciones de 70 litros, que se utilizarán para cada planta, así mismo para una muestra de control, se colocarán en 3 estanques, además se comprarán jacintos y lechuga de agua.

3.4. Criterios de selección

Se seleccionará plantas ya adaptadas, con un aclimatamiento previo, que estén en buenas condiciones, las medidas para las lechugas de agua son de 15cm a 25 cm y para el jacinto de agua de 20cm a 30 cm, para la selección del agua residual, será agua residual cruda tomada a las 10:00 am aproximadamente en la entrada a la PTAR.

3.5. Operacionalización de variables

Tabla 3 Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Unidades
Variable dependiente.- Tratamiento de aguas residuales	DQO	Mg/L
	DBO	mg/L
	SST	mg/L
	Aceites y grasas	mg/L
	pH	Unidad
	Colifores termotolerantes	NMP/100mL
	Temperatura del agua	°C
Variable independiente.-Plantas acuáticas: PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA CRASSIPES	Tamaño	cm
	Temperatura ambiental	°C
	Humedad	%

Fuente: Elaboración propia

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Métodos y/o Técnicas:

Método de observación, que consiste en ir a la zona en estudio y a través de un reconocimiento de campo donde se describirá y explicará toda la información competente que permita desarrollar el proyecto mencionado.

- Revisión de las normas vigentes relacionadas con el tratamiento de aguas.
- Recolección de muestra de agua para el posterior análisis físico químico bacteriológico.
- Análisis fisicoquímico en laboratorio especializado, para obtener las características del agua como cantidad de sólidos, acidez (Ph), etc.
- Comparación de resultados y posterior análisis estadístico.
- Recolección de datos bibliográficos y análisis de estudios ya realizados.

Instrumentos:

Fichas para tomar nota de datos -indicadores

3.7. Procedimientos

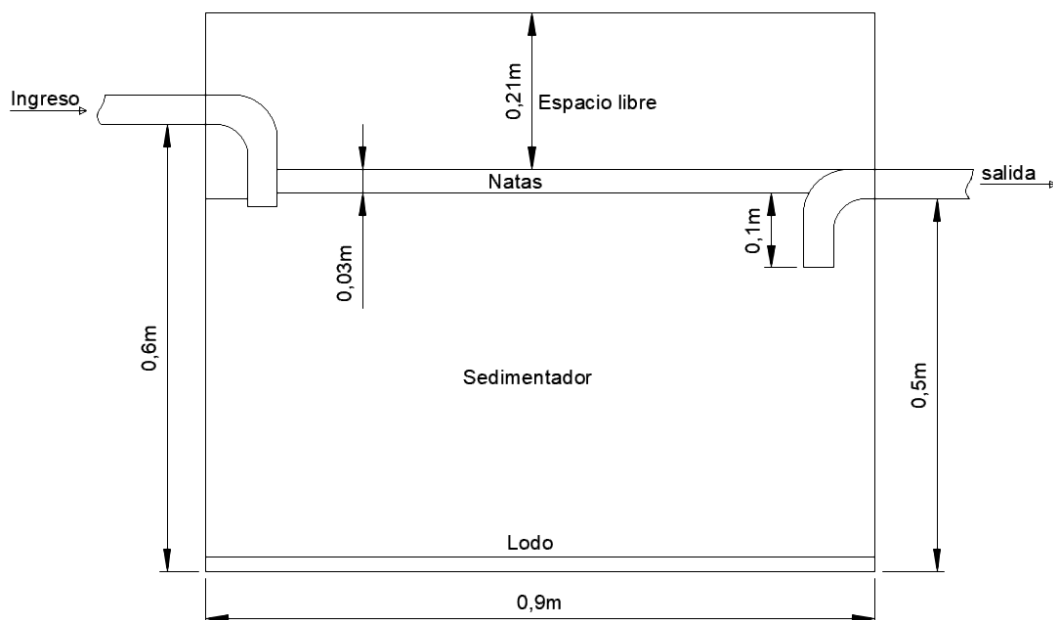
Etapa 1

- Revisar la bibliografía correspondiente, para tener una base teórica firme, conocer las propiedades y considerar todos los factores que influyen en el diseño que se aplica.
- Obtener los respectivos permisos y lugar adecuado para el ensayo, lo cual ya se realizó y se dio un visto positivo.
- Identificar las condiciones climáticas de la zona donde se realizará el proyecto, debido a que la temperatura ambiental, así como las épocas del año influyen directamente en la capacidad de reducción contaminante de las plantas.

Etapa 2.

- Se construirá un modelo de tanque séptico a escala para el tratamiento de las aguas residuales, con un tiempo de retención de 6 días y dimensiones, de 0.90 x 0.90 x 0.75 m teniendo una altura efectiva de 0.45 m (Ver diseño en anexos), esto para tener un tratamiento primario de las aguas residuales y dejar las plantas para un tratamiento secundario que es donde mejores resultados se han obtenido en la literatura revisada.

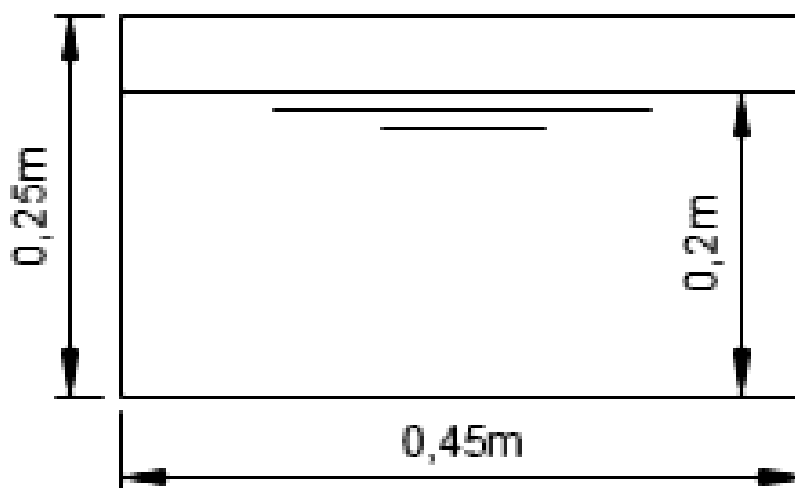
Imagen 3 Tanque de sedimentación diseñado (Ver anexo 1)



Fuente: Elaboración propia

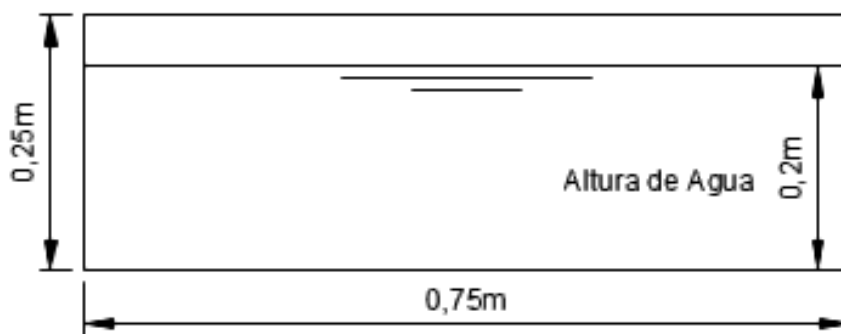
- Se construirán los modelos en los cuales se realizarán los experimentos, los cuales serán de vidrio y tendrán las dimensiones de 0,75x0,25x0,45 y tendrán una capacidad de 70 litros, para lo cual se ha tomado el modelo basándose en otras investigaciones, para que garanticen la lámina de agua y la profundidad correcta donde las plantas realicen una acción depuradora correcta y acorde a la realidad.
- Se compararán las plantas necesarias para la investigación, en un principio se cultivarán antes del ensayo para ver sus características.

Imagen 4 Vista frontal de los modelos de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

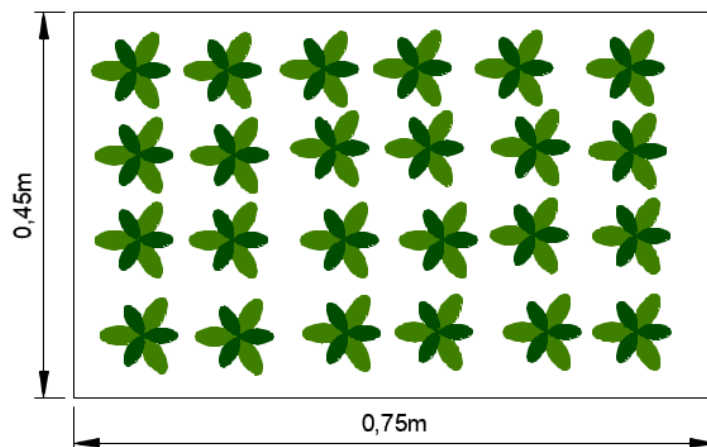
Imagen 5 Vista lateral de los modelos de tratamiento



Fuente: Elaboración propia

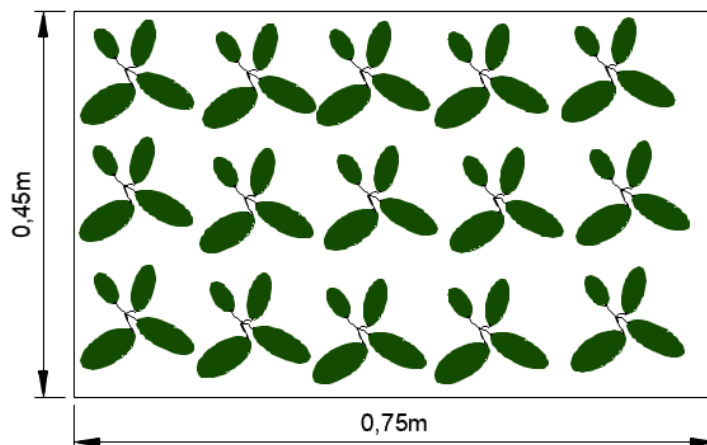
- Se aclimatarán las plantas durante el tiempo necesario para asegurar su crecimiento y correcta depuración, asimismo se seleccionarán plantas con determinado tamaño de raíz y diámetro para garantizar las condiciones óptimas.

- *Imagen 6 Distribución y cantidad de Lechugas de agua (Pistia stratiotes)*



Fuente: Elaboración propia

Imagen 7 Distribución y cantidad de Jacintos de agua (Eichhornia crassipes)



Fuente: Elaboración propia

Etapa 3.

- Antes de empezar con el tratamiento, se pasará el agua por un pretratamiento, para la eliminación de grasas y sólidos demasiado grandes, luego se pasará por un tratamiento primario, para reducir los sólidos en suspensión y bajar la carga orgánica.
- Se empezará con el experimento con 3 muestras, una de control y 1 con lechuga de agua y otra con jacinto de agua.
- Se tomarán medidas cada 7 días que es el tiempo de retención recomendado, así mismo se irá cambiando el agua residual para ver el correcto funcionamiento del humedal, el tiempo de la prueba y recolección de muestras será de 1 mes aproximadamente.

Etapa 4.

- Se procesará la información obtenida de los ensayos.
- Para ello, se elaborarán tablas y gráficos estadísticos de los resultados obtenidos con el programa Excel.
- Finalmente se procederá con la revisión y posterior sustentación.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

- Se procesará la información obtenida de los ensayos.
- Se elaborarán tablas y gráficos estadísticos de los resultados obtenidos con el programa Excel.
- Finalmente se procederá con la revisión y posterior sustentación.

3.9. Consideraciones éticas

Para la elaboración de la presente tesis de investigación “EVALUACIÓN DEL APOORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE REQUE PROVINCIA DE CHICLAYO”, se verificó que no existiera investigaciones similares en el lugar de aplicación y puesto que es una experimentación que varía de acuerdo a varios factores, dentro de ellos la metodología y el tipo de experimentación, se garantiza la originalidad y el aporte a la ciencia de este proyecto. Además, la redacción, los resultados y la metodología han sido aplicados según lo descrito, la información previa y bases teóricas han sido debidamente parafraseadas y citadas, por lo que no se está infringiendo con la apropiación de propiedad intelectual.

3.10. Matriz de consistencia

Tabla 4 Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES Y DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>¿Cuál es el aporte de las plantas acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales municipales del distrito de Reque?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el aporte de las plantas acuáticas flotantes, Jacinto de agua (<i>E. crassipes</i>) y lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>), al tratamiento de las aguas residuales municipales en el distrito de Reque provincia de Chiclayo.</p> <p>Objetivos Específicos: O1 Determinar las condiciones ambientales donde se realiza el experimento. O2. Captar el agua residual en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del distrito de Reque –en las lagunas de estabilización- O3. Construir modelos a escala de microcosmos para el tratamiento de estas aguas residuales, los cuales constarán de un tratamiento primario (Tanque séptico) y un tratamiento secundario (Con las plantas y el modelo de control)</p>	<p>-Variable dependiente: Tratamiento de aguas residuales</p> <p>-Variable independiente: Plantas acuáticas: Jacinto de agua (<i>E. crassipes</i>) y lechuga de agua (<i>Pistia stratiotes</i>)</p>	<p>DQO DBO Sólidos suspendidos totales Aceites y grasas PH Coliformes termotolerantes Temperatura Humedad Horas de sol</p>	<p>Tipo y Diseño de Investigación: El diseño de la investigación será: Cuantitativo, aplicada, investigativa. Diseño de investigación: Experimental. La Población: La población será las aguas residuales de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, así mismo la lechuga y jacinto de agua. La Muestra: No probabilístico. - Por conveniencia. Muestra 1: La muestra será igual a porciones de 70 litros de agua residual Muestra 2: 15 plantas de lirio de agua y 24 lechugas de agua Técnica: Toma de muestras de agua periódicamente (7 días).</p>

	<p>O4. Determinar los parámetros de calidad de agua para los efluentes de una PTAR en los modelos construidos con Jacinto de agua y lechuga de agua en función al tiempo de tratamiento de las aguas residuales municipales del distrito de Reque.</p> <p>O5. Comparar los resultados de los parámetros de las aguas tratadas con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.</p>			<p>Instrumento: Ficha de recolección de datos, donde se registrarán los parámetros a analizar de la calidad del agua.</p>
--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio se ha realizado en el distrito de Reque, ubicado en las coordenadas $6^{\circ}51'55''S$ $79^{\circ}49'07''O$, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Según el censo del 2017 [21] Tiene una población urbana de 9833 personas y una población total de 11906 personas, y dentro de las principales actividades en el distrito, según la municipalidad distrital de Reque [22], se encuentran: La agricultura -dedicado al consumo local-, ganadería, que es pequeña contando con un par de granjas de cerdo. Otra actividad económica es la industria artesanal, que cuenta con la producción de pan, ladrillo, chicha, adobes, entre otras. Finalmente, los servicios también son fundamentales, tales como: transportes, servicios financieros, salud, saneamiento son otras de las actividades económicas del distrito.

El clima del distrito es de dos temporadas; los veranos calurosos, que abarcan desde enero hasta principios de abril, con una temperatura máxima promedio de $29^{\circ}C$ y mínima de $22^{\circ}C$ y la temporada, y la temporada fresca que dura el resto del año, con una temperatura máximas promedio de $24^{\circ}C$ y mínima de $16^{\circ}C$.

El sistema experimental, estuvo compuesto por los modelos ya detallados anteriormente, un tanque de sedimentación de $0.90 \times 0.90 \times 0.75$ m, con un volumen que se llenará hasta los 50 cm, que equivale a un volumen líquido de 405 litros. Este tuvo un tiempo de retención del agua residual de 6 días, especificado en el cálculo de diseño de este sedimentador (Anexo 1). Los modelos que contenían las plantas fueron de $0.75 \times 0.45 \times 0.25$, llenándose hasta los 20 cm, lo que nos da un volumen de agua igual a 67.5 litros.

Imagen 8 Modelo de tanque séptico



Fuente: Toma propia

Se empezó la investigación con la creación de los modelos, el de tratamiento primario y los modelos que albergarían las plantas para el tratamiento secundario, El tanque séptico estuvo ubicado en la caseta de bombeo de la PTAR garantizando que no estaría expuesto al sol, que garantizan las condiciones normales de un tanque séptico, por otro lado los modelos con las plantas fueron establecidas en el techo de la caseta de bombeo garantizando unas condiciones ambientales reales, expuestas al sol y a los vientos.

Imagen 9 Modelos de microcosmos a escala



Fuente: Toma propia

Las plantas utilizadas (*Pistia Stratiotes* y *Eichhornia Crassipes*), fueron aclimatadas durante dos semanas, para su posterior contacto con el agua residual a tratar. Las plantas *Pistia Stratiotes* fueron seleccionadas de manera adecuada, siendo de tamaño mediano y una medida desde la parte superior de la copa hasta la parte inferior de la raíz que oscila entre 15 y 25 cm, el total de plantas introducidas en el modelo fue de 24. En cuanto a las plantas *Eichhornia Crassipes*, fueron seleccionadas plantas con un tamaño entre 20 cm y 30 cm desde la parte superior de la copa hasta la parte inferior de la raíz.

El Agua residual cruda fue tomada del ingreso de la PTAR del distrito de Reque, así mismo se tomó muestra del efluente de esta con fines de conocer y describir el tratamiento actual, el muestreo se realizó con envases adecuados de acuerdo con el laboratorio acreditado por INACAL, se garantizó la preservación de las muestras, puesto que se realizaron los ensayos en la ciudad de Trujillo. El mismo proceso se realizó para todas las muestras tomadas, la cantidad de muestras tomadas fueron de acuerdo con el número de parámetros que se evaluó de acuerdo con la normativa vigente.

El comienzo fue el día 21 de abril de 2021, en el que se introdujo un volumen de agua cruda igual a 405 litros en el tanque de sedimentación diseñado y construido en vidrio; después de 6 días, que es el tiempo de retención mínimo recomendado por la organización panamericana de la salud en sus diseños, se procedió a ingresar un caudal para evacuar el agua retenida que servirá para el tratamiento en sí, después de haberse llenado los modelos a escala se procedió con la colocación de las plantas, puesto que las horas de sol durante el día fue en promedio 7 horas; la evaporación y evapotranspiración fue considerable, obteniéndose que en cada estanque diariamente en promedio se evapora 2.5 litros, por lo que se compensaba el volumen perdido cada dos días con 5 litros a cada modelo. Posteriormente se sacaron muestras de agua cada 7 días, los próximos 21 días.

Imagen 10 Tanque séptico en funcionamiento



Fuente: Toma propia

Imagen 11 Modelos de microcosmos a escala en funcionamiento día 1



Fuente: Toma

Se llevó el control de los datos climáticos, que fueron obtenidos de la página del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), de la estación meteorológica que se encuentra en el distrito de ETEN, colindante al distrito de Reque, la temperatura máxima promedio fue de 23.34 °C y la temperatura mínima promedio fue de 17.28 °C, con una humedad relativa del aire igual a 84.75 %, en ese tiempo hubo una precipitación media de 0.17 mm/día, esta precipitación sucedieron los días 14 15 y 16 de mayo. El desarrollo de las plantas según Akinibile y Yosoff [14] depende de la temperatura, el crecimiento óptimo de *Pistia stratiotes* se da entre los 22 °C y 30 °C, y de *Eichhornia crassipes* en 25 °C y 27.5 °C, lo que, en comparación con las condiciones ambientales presentes, nos da a entender que no ha habido un tratamiento óptimo y este estudio se está aplicando a un ambiente hostil.

El desarrollo de las plantas fue diferente para los dos tipos, en cuanto a la lechuga de agua en los siete primeros días se marchitaron las hojas exteriores, pero se mantuvieron las interiores, posteriormente a los 14 días algunas habían muerto por lo que se compensa con 12 plantas medianas más con las mismas características, se desprendieron bastantes raíces, pero un buen número continuó con el tratamiento y se adaptaron mejor al tipo de agua

Imagen 12 Modelos de microcosmos en funcionamiento, día 7



Fuente: Toma propia

El jacinto de agua se adaptó de una mejor manera al agua residual, presentando algunas hojas marchitas en los primeros tres días, pero con una reproducción rápida de las mismas, a los 14 días un par de plantas habían muerto pero la reproducción y

nuevos brotes de las plantas compensan ese espacio, finalmente crecieron sin problemas, lo que garantiza un tratamiento óptimo.

Imagen 13 Jacinto de agua día 14



Fuente: Toma propia

Imagen 14 Lechugas de agua y jacintos de agua día 21



Fuente: Toma propia

4.1. Análisis de los datos

Se han evaluado utilizando un método no estadístico, la información se ha procesado en el programa Excel, para ver las variaciones de los resultados según el tiempo de retención del agua residual.

La fórmula para determinar la remoción de parámetros es la siguiente:

$$\% \text{ De Remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

Donde, C_i = concentración inicial del parámetro y C_f = Concentración final del parámetro.

Tabla 5 Resumen de resultados de ensayos de laboratorio de las muestras de agua residual

Parámetro	Coliformes termotolerantes	PH	Sólidos totales suspendidos (TSS)	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	Demanda química de oxígeno (DQO)	Aceites y grasas	Temperatura
Unidad	NMP/100mL	Units pH	mg/L	Mg O2/L	Mg O2/L	mg HEM/L	°C
Entrada PTAR	7000000	7.53	108.3	268.1	527.3	12.96	24.3
Salida PTAR	1100000	7.99	100	172.6	314	14.3	23.8
Entrada a Tratamiento con Lechuga de agua (7días)	2200000	7.98	59.3	229.1	602.7	10.2	23.9
Lechuga de agua (14días)	3300	8.64	78.7	86.21	187.2	12.8	23.5
Lechuga de agua (21días)	49	9.47	202.7	244.7	416.3	16.8	23.6
Jacinto de agua (7días)	<1.8	9.61	286.7	234.8	508.2	21.8	23.5
Jacinto de agua (14días)	35000	8.41	91.7	128.9	213.5	22.1	23.1
Jacinto de agua (21días)	490	8.7	80.7	126.2	215	9.3	23
Control (7días)	79	9.58	131.1	153.4	290	10.6	23
Control (14días)	33000	8.66	75.3	110.3	203.7	14.9	23.4
Control (21días)	1100	8.98	88.5	186.9	324.1	16.8	23.3
Control (21días)	<1.8	9.98	346.7	384.3	675.2	27.4	23.4
Norma (LMP)	<10000	6.5 - 8.5	<150	<100	<200	<20	<35

Fuente: Elaboración propia

4.2. Descripción del tratamiento existente

De los resultados obtenidos podemos observar el tratamiento actual que existe en la PTAR, en la que la remoción de coliformes termotolerantes, por ejemplo, llega a un 84.29%, y si lo comparamos con la normativa actual para los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR notamos que no se está cumpliendo este parámetro ya que los 1100000 NMP/100 mL de salida de la PTAR son mayores a los 10000 NMP/100mL establecidos en dicha norma.

Tabla 6 Tabla de valores de parámetros de la salida de PTAR y los LMP de la norma

Parámetro	Coliformes termotolerantes	PH	Sólidos totales suspendidos (TSS)	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	Demanda química de oxígeno (DQO)	Aceites y grasas	Temperatura
Unidad	NMP/100mL	Units pH	mg/L	Mg O2/L	Mg O2/L	mg HEM/L	°C
Entrada PTAR	7000000	7.53	108.3	268.1	527.3	12.96	24.3
Salida PTAR	1100000	7.99	100	172.6	314	14.3	23.8
Norma (LMP)	<10000	6.5 - 8.5	<150	<100	<200	<20	<35
% de Remoción	84.29%	-6.11%	7.66%	35.62%	40.45%	-10.34%	2.06%

Fuente: Elaboración propia

El segundo parámetro evaluado (pH) cumple sin problemas lo establecido en la norma, puesto que el valor 7.99 se encuentra en el rango entre 6.5 a 8.5. En cuanto a sólidos totales suspendidos (TSS), podemos afirmar que los 108.3 mg/L cumplen con la normativa que establece que este valor tiene que ser menor a 150 mg/L, lo que significa una remoción del 7.66%. La DBO del agua que sale de la PTAR es 172.6 mg/L valor que no cumple la especificación de la norma que nos da un límite máximo de 100 mg/L, esto representa una remoción del 35.62% de la DBO.

La DQO al igual que la DBO no cumple con la especificación de la norma, ya que los 314 mg/L son superiores a los 200 mg/L establecidos en la norma, la remoción de la DQO fue de 40.45%. Los aceites y grasas del agua tratada en la PTAR son inferior a la establecida en la norma, ya que el valor obtenido del ensayo fue de 14.3 mg /L, inferior al máximo permisible, que es de 20 mg/L, este parámetro se cumple de manera categórica con la particularidad que los aceites y grasas aumentan su proporción en el agua ya tratada. La temperatura cumple sin problemas los límites establecidos ya que llega a 23.8 °C y la norma te permite hasta 35°C, el tratamiento disminuyó en un 2.06% la temperatura.

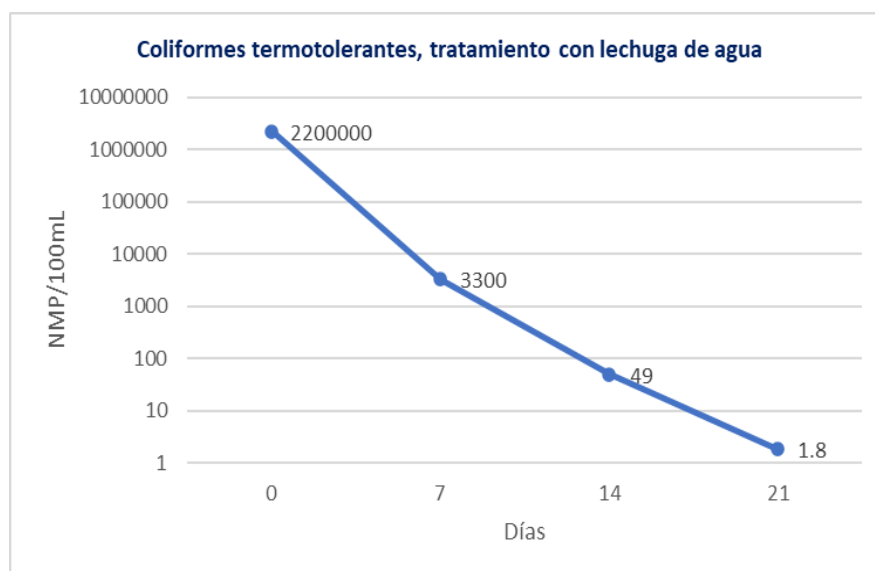
4.3. Análisis de la remoción de coliformes termotolerantes

Tabla 7 Porcentaje de remoción de coliformes termotolerantes con los diferentes tratamientos

	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
Unidad	NMP/100mL		NMP/100mL		NMP/100mL	
0 días	2200000		2200000		2200000	
7 días	3300	99.85%	35000	98.41%	33000	98.50%
14 días	49	100.00%	490	99.98%	1100	99.95%
21 días	1.8	100.00%	79	100.00%	1.8	100.00%

Fuente: Elaboración propia

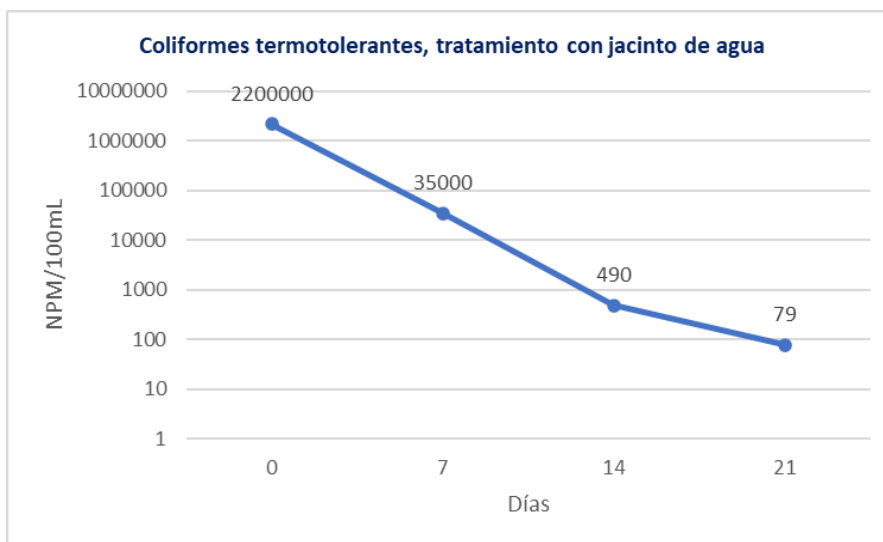
Gráfico 1 Coliformes termotolerantes, tratamiento con Pistia stratiotes



Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados hasta los 21 días de las muestras recolectadas del tratamiento con lechuga de agua, se puede notar que ha habido una disminución gradual de la concentración de coliformes termotolerantes, la remoción de estos en los primeros 7 días fue de 99.85%, a los 14 días fue de 99.95% y a los 21 días de 99.99%, por lo que los resultados obtenidos en este parámetro son satisfactorios y con una capacidad de remoción directamente proporcional al tiempo de tratamiento.

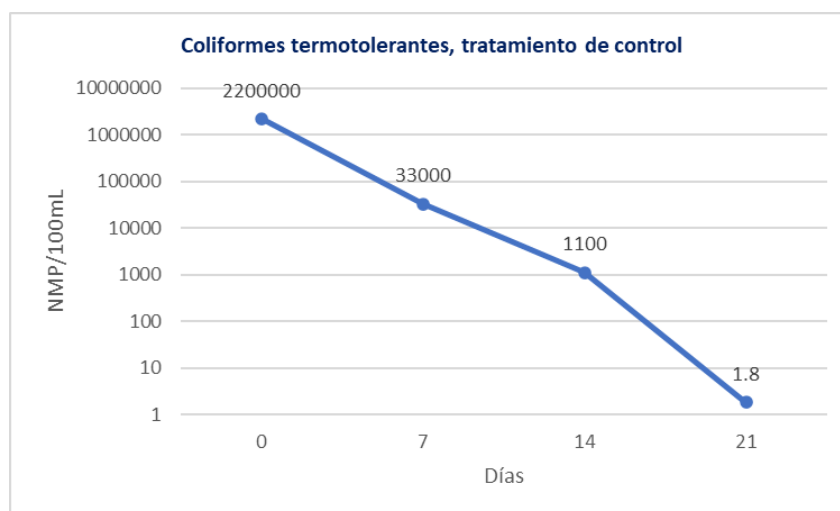
Gráfico 2 Coliformes termotolerantes, tratamiento con Eichhornia crassipes



Fuente: Elaboración propia

El tratamiento con jacinto de agua muestra una disminución de coliformes termotolerantes adecuado, a los 7 días removi6 el 98.41%, a los 14 días un 99.98% y a los 21 días un 99.99%, esto es suficiente para superar los LMP -límites máximos permisibles.

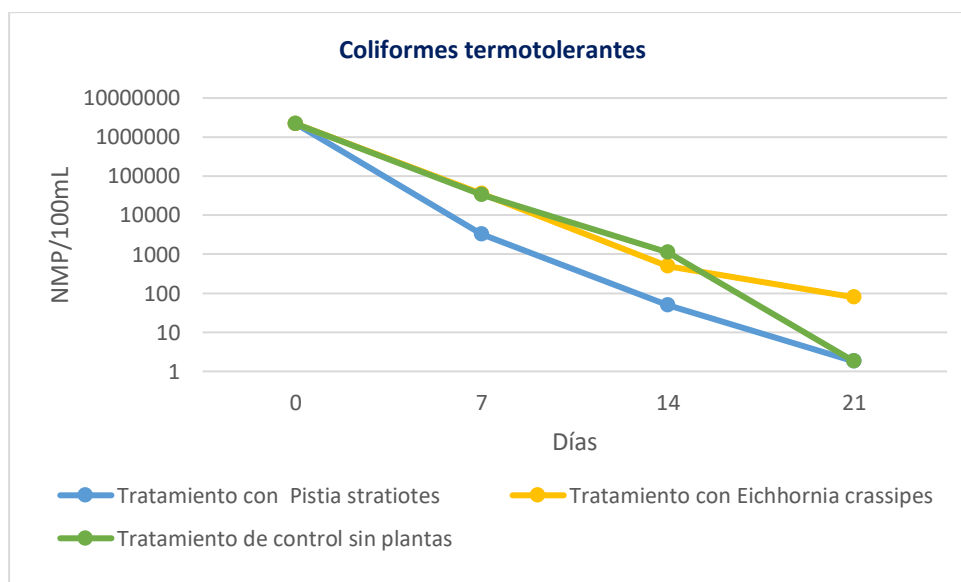
Gráfico 3 Coliformes termotolerantes, tratamiento de control



Fuente: Elaboración propia

En la prueba de control podemos ver que la remoción también es óptima, sin ninguna adición de plantas, teniendo como resultados una remoción de coliformes termotolerantes en los primeros 7 días igual a 98.50%, a los 14 días fue de 99.95% y a los 21 días de 99.99%.

Gráfico 4 Remoción de coliformes termotolerantes, según el tratamiento y el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Comparando los tres modelos de tratamiento de aguas residuales podemos identificar qué; a los 7 días el tratamiento con lechuga de agua fue el más efectivo logrando un 99.85% de remoción y encontrándose dentro de los LMP, cumpliendo directamente con la normativa vigente; por el contrario, el tratamiento con jacinto de agua fue el menos efectivo -98.41% de remoción-, que junto al modelo de control-98.50% de remoción- no cumplieron con los LMP. A los 14 y 21 días todos los

tratamientos cumplen con los LMP, superando claramente al tratamiento actual que se da en las lagunas de estabilización, la cual no cumple con la normativa vigente.

Mendoza [5] en sus modelos a escala logra resultados para remoción de coliformes fecales iguales a 99.8%. Esto es un valor cercano a los obtenidos en la investigación llevada a cabo, por lo que los resultados coinciden. Además, Lekeufack, et al. [23] en su investigación sobre remoción de coliformes fecales obtiene como resultado que no había diferencia significativa entre el tratamiento de control que había instaurado y sus humedales artificiales a escala. En comparación con los resultados obtenidos, se reafirma este resultado y no existe diferencia significativa en este parámetro, pero la mayor remoción lo logró la lechuga de agua. El tratamiento de control tiene un alto grado de remoción de coliformes por todos los microorganismos que contienen acción depuradora, además de la influencia de los rayos del sol, su proceso es similar a una laguna de estabilización aerobia.

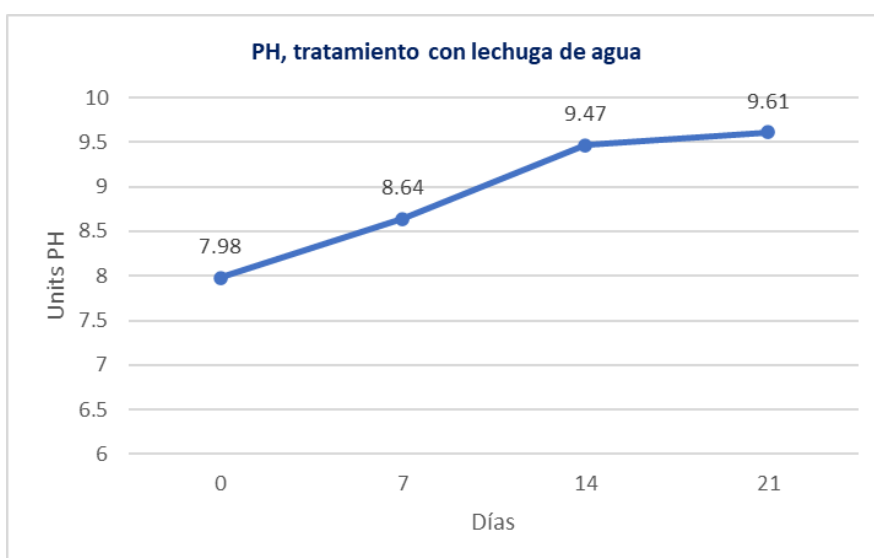
4.4. Análisis de la evolución del PH

Tabla 8 Variación del pH con los diferentes tipos de tratamiento

Unidad	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
	Units pH		Units pH		Units pH	
0	7.98		7.98		7.98	
7	8.64	-8.27%	8.41	-5.39%	8.66	-8.52%
14	9.47	-18.67%	8.7	-9.02%	8.98	-12.53%
21	9.61	-20.43%	9.58	-20.05%	9.98	-25.06%

Fuente: Elaboración propia

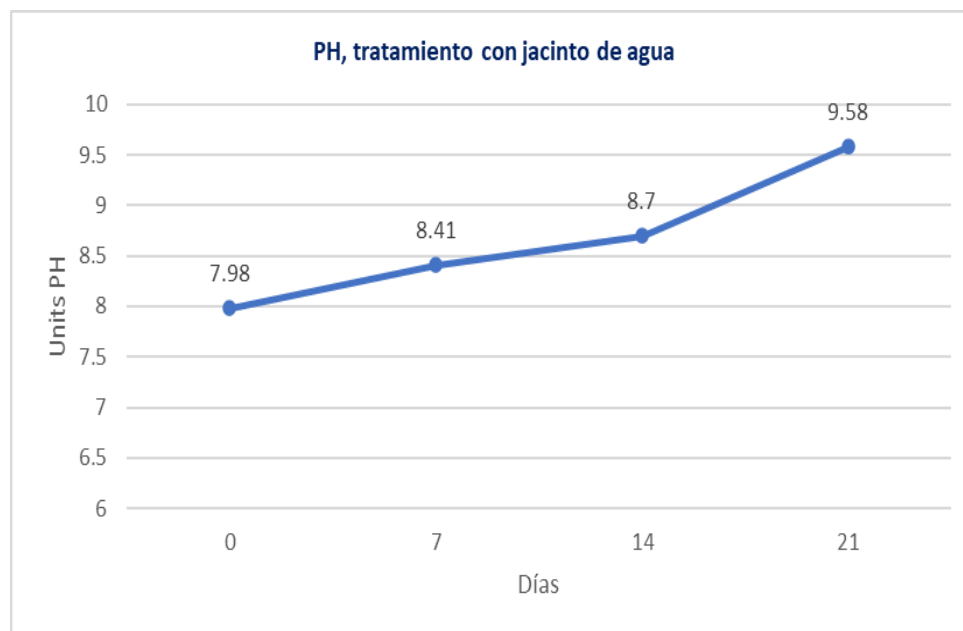
Gráfico 5 PH, tratamiento con Pistia stratiotes



Fuente: Elaboración propia

De estos parámetros podemos observar que el PH fue aumentando regularmente hasta llegar a un nivel de 9.61, por lo que tenemos un agua básica al final del tratamiento, a los 7 días había aumentado un 8.27%, a los 14 un 18.67% y a los 21 fue la variación más grande con 20.43%.

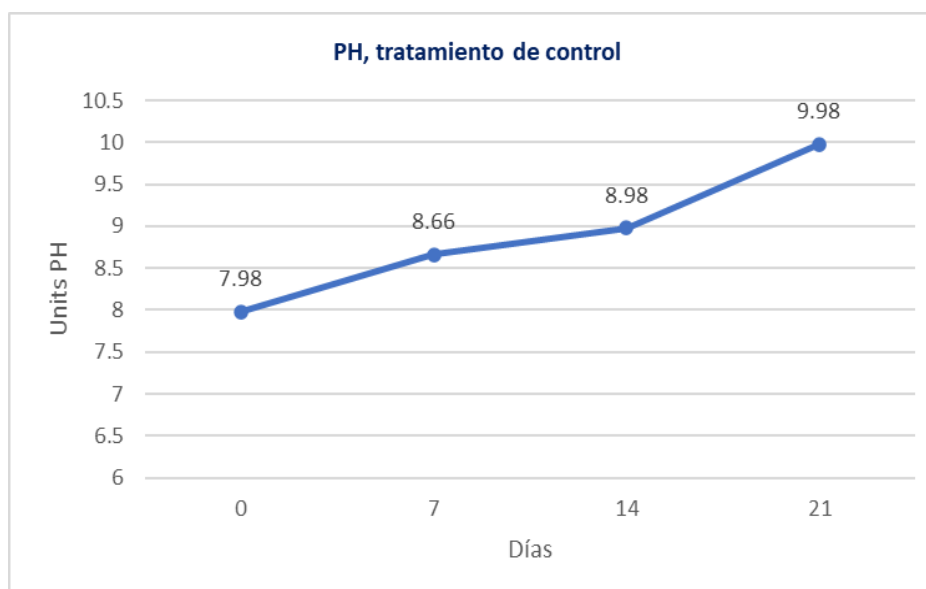
Gráfico 6 PH, tratamiento con *Eichhornia crassipes*



Fuente: Elaboración propia

Al igual que pasaba con la lechuga de agua, podemos ver un incremento constante del PH en el tratamiento, superando los límites permisibles, y un aumento brusco cuando el tiempo de concentración supera los 14 días. A los 7 días había aumentado un 5.39% a los 14 un 9.02% y a los 21 días un 20.05%.

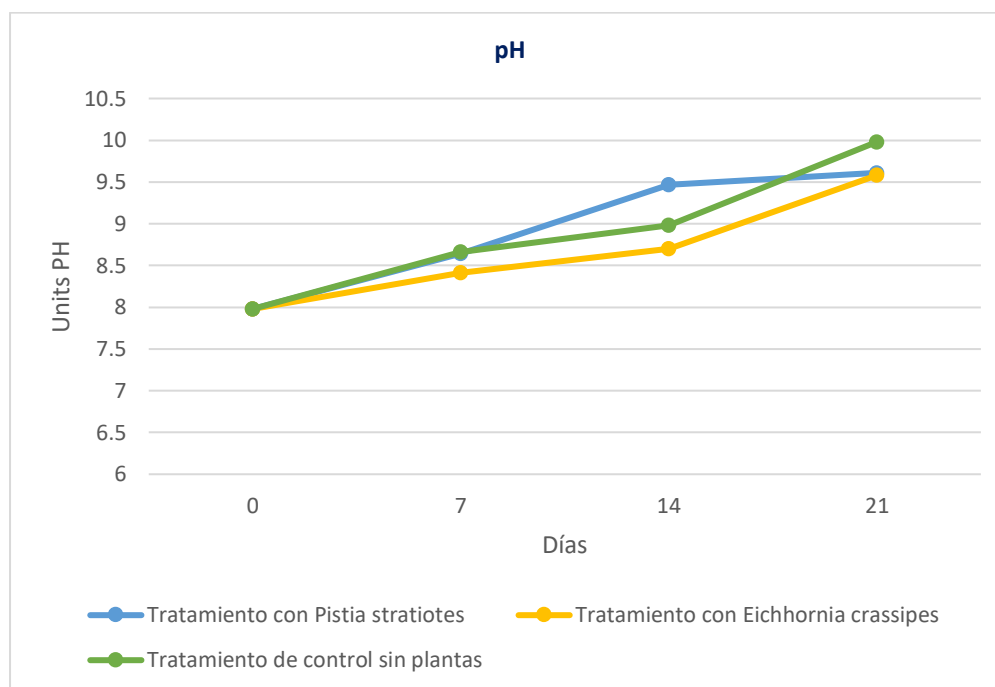
Gráfico 7 PH, tratamiento de control



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al PH, podemos observar que al igual que en los otros modelos de tratamiento ha aumentado considerablemente, llegando a un valor máximo de 9.98 a los 21 días. Las variaciones fueron: a los 7 días de 8.53 % de aumento en el pH, siendo el valor más alto, a los 14 un 12.53% y a los 21 días un 25.06%.

Gráfico 8 pH, según el tratamiento y el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Los resultados comparando los tres modelos claramente nos indica un aumento del pH, volviéndolo básico, esto porque ha aumentado el potencial de hidrógeno, el único que logra cumplir con los requisitos de LMP es el jacinto de agua a los 7 días, por el contrario el modelo de control eleva el pH a los 21 días hasta 9.98, siendo el más elevado de los 3 modelos evaluados, este parámetro comparándolo con el tratamiento vigente notamos que las lagunas de estabilización neutralizan el pH, y los tratamientos a escala lo vuelven alcalino. No se observaron variaciones significativas, pero el que más varió su pH a la parte alcalina fue el tratamiento sin plantas, lo que nos asegura la eficacia de las plantas.

Mendoza [5] en su proyecto a escala obtiene resultados de pH que se mantiene en un rango alcalino, lo que contrasta con los resultados de los ensayos obtenidos. Sin embargo, en la investigación al día 21 ya genera valores que no pertenecen a un medio óptimo para el desarrollo para las plantas superando los 9 de pH. En otra investigación Rezania [15] obtiene como resultados valores de pH iguales a 7.1 ± 0.68 , esto lo convierte en un pH neutro. La diferencia está en el tiempo de tratamiento, ya que

muestra una tendencia de aumento en el pH volviéndose básico. El aumento fue de 13% en un tiempo de 14 días.

4.5. Análisis sólidos totales suspendido

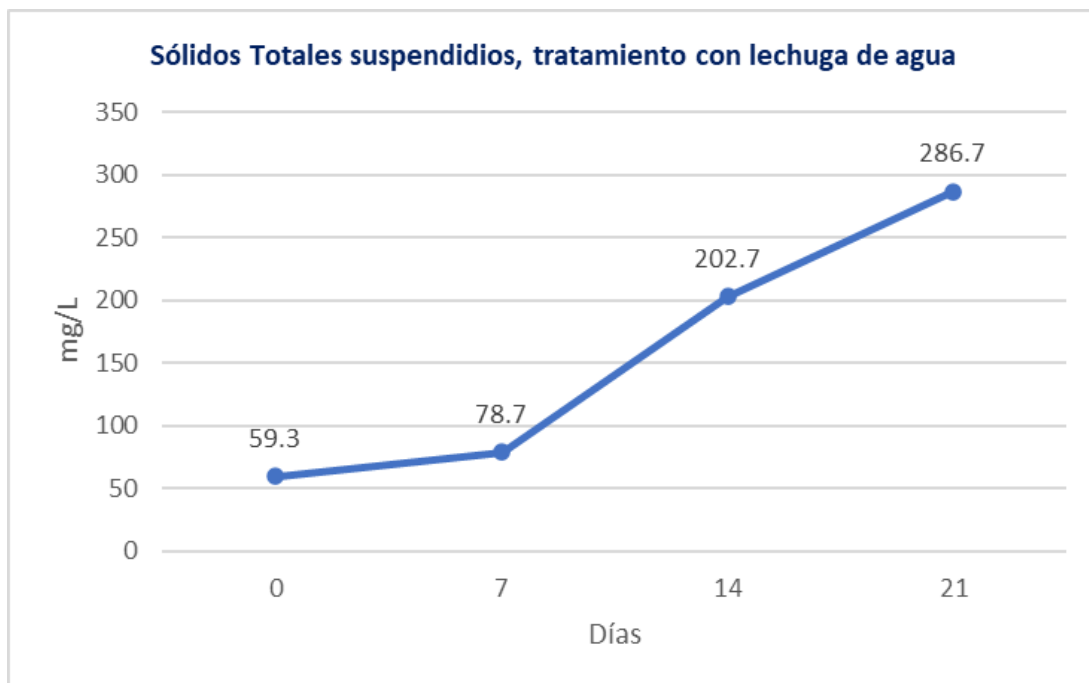
Tabla 9 Remoción de TSS -sólidos suspendidos totales-

	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
Unidad	mg/L		mg/L		mg/L	
0	59.3		59.3		59.3	
7	78.7	-32.72%	91.7	-54.64%	75.3	-26.98%
14	202.7	-241.82%	80.7	-36.09%	88.5	-49.24%
21	286.7	-383.47%	131.1	-121.08%	346.7	-484.65%

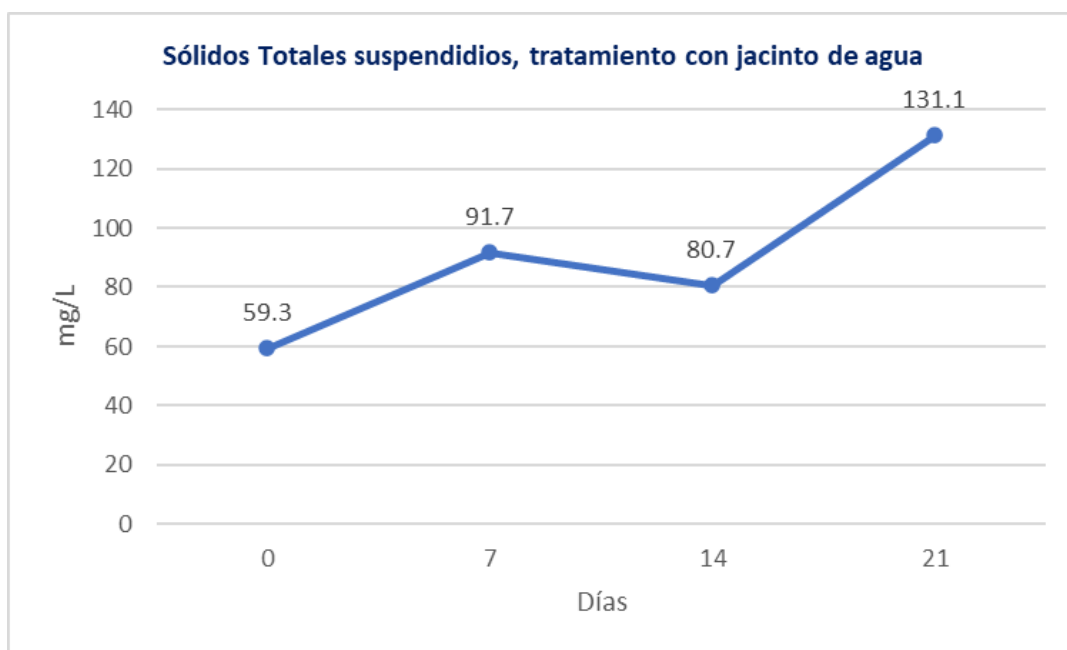
Fuente: Elaboración propia

En este parámetro observamos que con la lechuga de agua los SST aumentaron, esto puede ser por la descomposición de las raíces y la caída de hojas, la variación a los 7 días fue de un aumento de 32.72%, a los 14 de 241.82% y a los 21 de 286.7%. por lo que, para los modelos considerados, el aumento de sólidos suspendidos totales es proporcional al tiempo de tratamiento.

Gráfico 9 Gráfico 9 Sólidos totales suspendidos, tratamiento con Pistia stratiotes



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 Sólidos totales suspendidos, tratamiento con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a sólidos suspendidos totales producto del tratamiento con jacinto de agua, los resultados en comparación al primer día la concentración de sólidos aumenta, teniendo una disminución leve a los 14 días, los porcentajes de remoción -aumento de concentración, para el caso- el día 7 la concentración aumentó un 54.64%, a los 14 disminuyó respecto al día 7 pero aumentó un 36.09% respecto al día de inicio. Finalmente, hacia el día 21 el aumento de TSS fue de 121,08%.

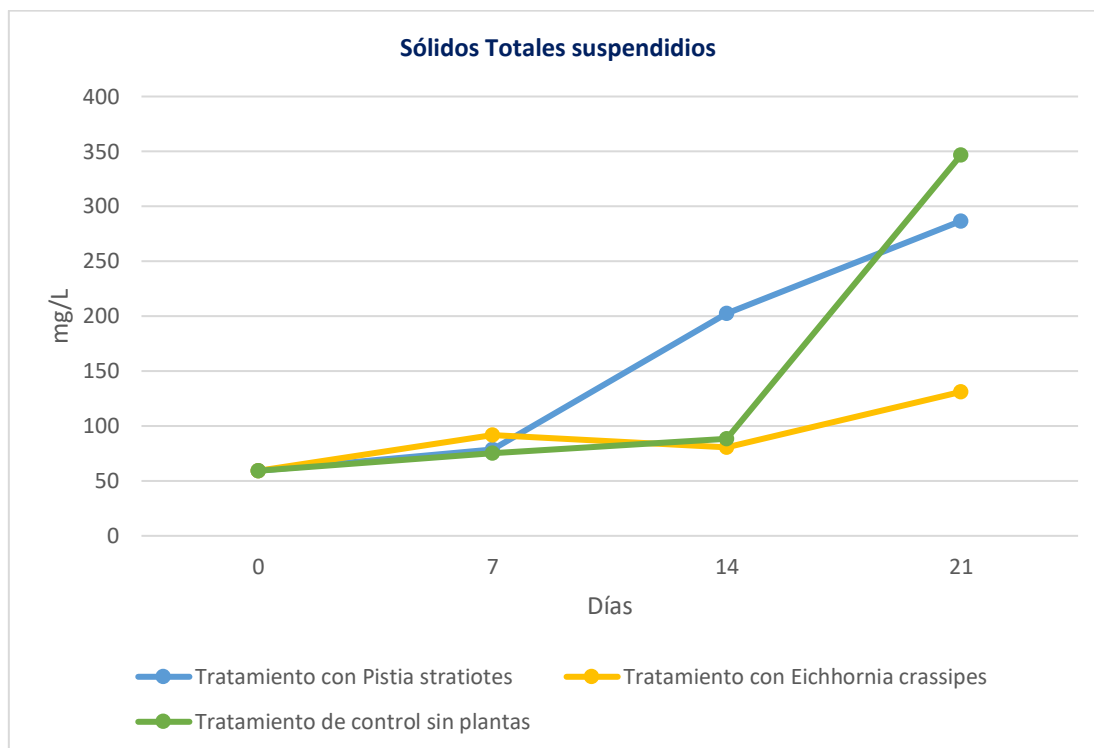
Gráfico 11 Sólidos totales suspendidos, tratamiento de control



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los SST del modelo sin plantas, los resultados plasman que la concentración de TSS ha aumentado considerablemente, manteniéndose estable hasta los 14 días y sufriendo un aumento abrupto en el día 21. El aumento en los 7 primeros días fue de 26.98%, a los 14 días 49.24% y la crecida abrupta a los 21 días de 484.65%

Gráfico 12 Remoción de sólidos totales suspendidos, según el tratamiento y el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar y obtener como resultado el incremento de sólidos totales suspendidos, esto se puede deber a la caída de raíces de las plantas y las partículas que trae el viento; puesto que, es un sistema estancado sin un flujo continuo, se puede apreciar un aumento significativo en el día 21, el día 0 fue el que menos concentración de sólidos suspendidos tuvo, en comparación con la normativa de LMP para efluentes de PTAR. Hasta el día 7 todos se encuentran dentro del rango, incluso superando al tratamiento de las lagunas de estabilización de la PTAR, pero a partir del día 14, la concentración es elevada en el microcosmos con lechuga de agua, y en el día 21, ningún modelo de tratamiento cumple con las exigencias. En una comparación final y general, el tratamiento con jacinto de agua tuvo menos concentración de sólidos a excepción del día 7.

En la investigación de Rezania [15] obtenemos valores de remoción de TSS igual a 34%. Además, Vásquez [10] en el tratamiento de agua en humedales artificiales logró una remoción de sólidos suspendidos igual a 61.29%. Esta diferencia de

resultados en comparación con los obtenidos experimentos puede deberse a la caída de hojas y raíces de las plantas que con el clima han sucumbido en algunas plantas, además al ser un modelo expuesto a condiciones ambientales reales la velocidad del viento mueve el agua lo que no permite una sedimentación adecuada. Las partículas que trae el viento y los animales que han llegado a posarse en los modelos no han contribuido.

4.6. Análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

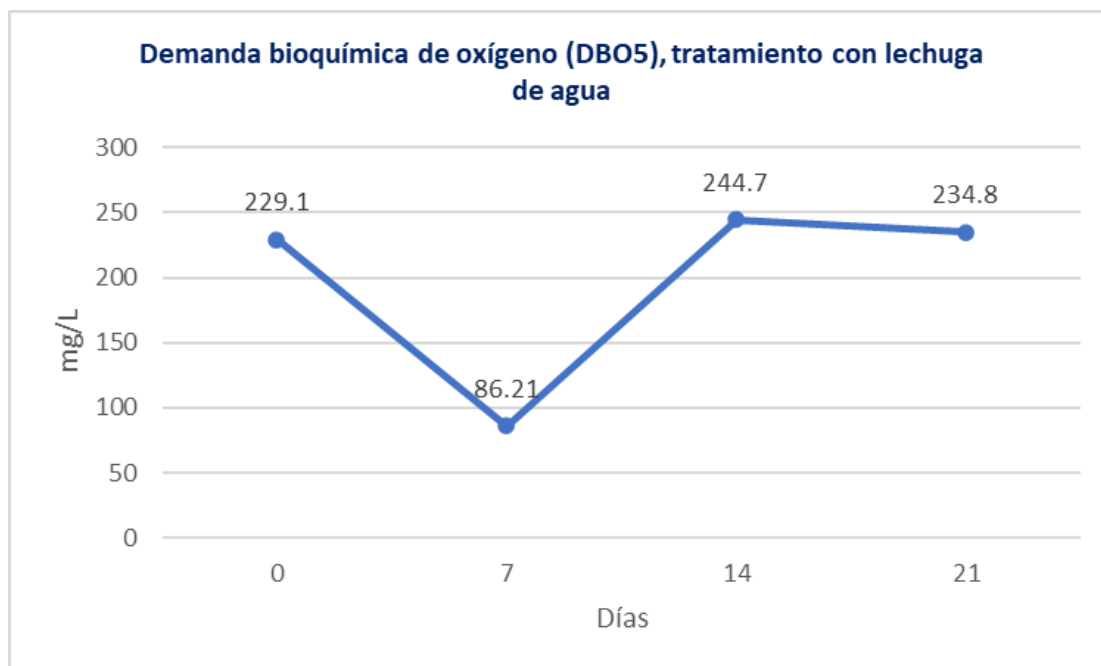
Tabla 10 Remoción de DBO según los tratamientos

Unidad	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
	Mg O ₂ /L		Mg O ₂ /L		Mg O ₂ /L	
0	229.1		229.1		229.1	
7	86.21	62.37%	128.9	43.74%	110.3	51.86%
14	244.7	-6.81%	126.2	44.91%	186.9	18.42%
21	234.8	-2.49%	153.4	33.04%	384.3	-67.74%

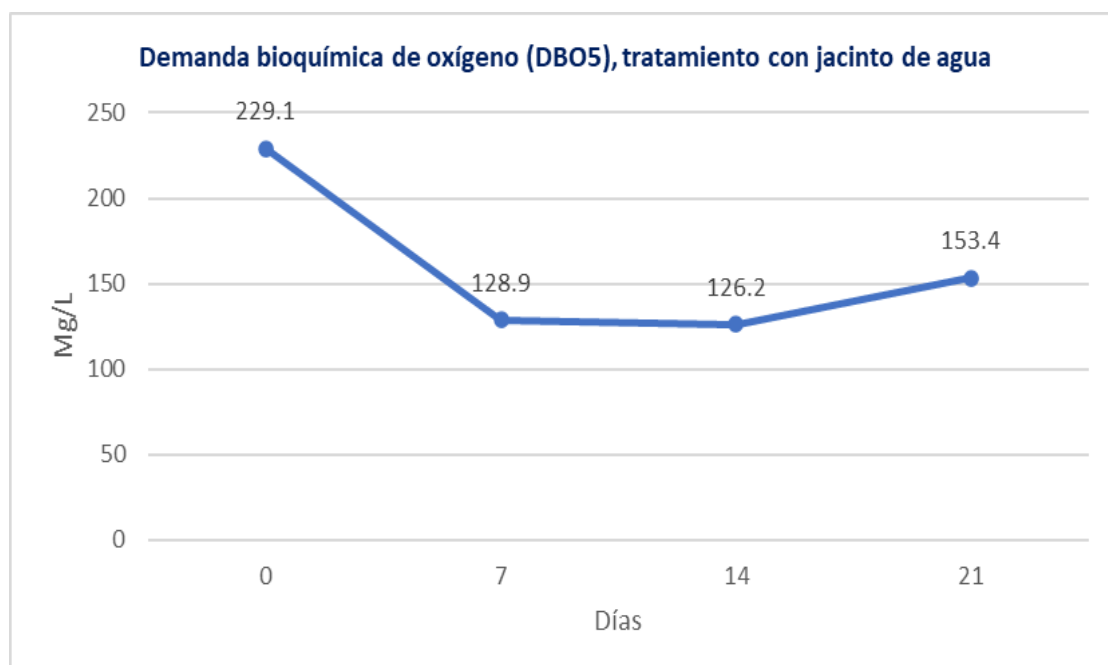
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno, podemos apreciar que el valor óptimo fue a los 7 días para el tratamiento con lechuga de agua, subiendo abruptamente a los 14 y bajando levemente a los 21 días, el porcentaje de remoción a los 7 días fue de 62.37%, luego aumentó en el día 14 un 6.81% respecto al día 0, finalmente a los 21 días respecto a la entrada al modelo aumentó un 2.49%.

Gráfico 13 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), tratamiento con Pistia stratiotes



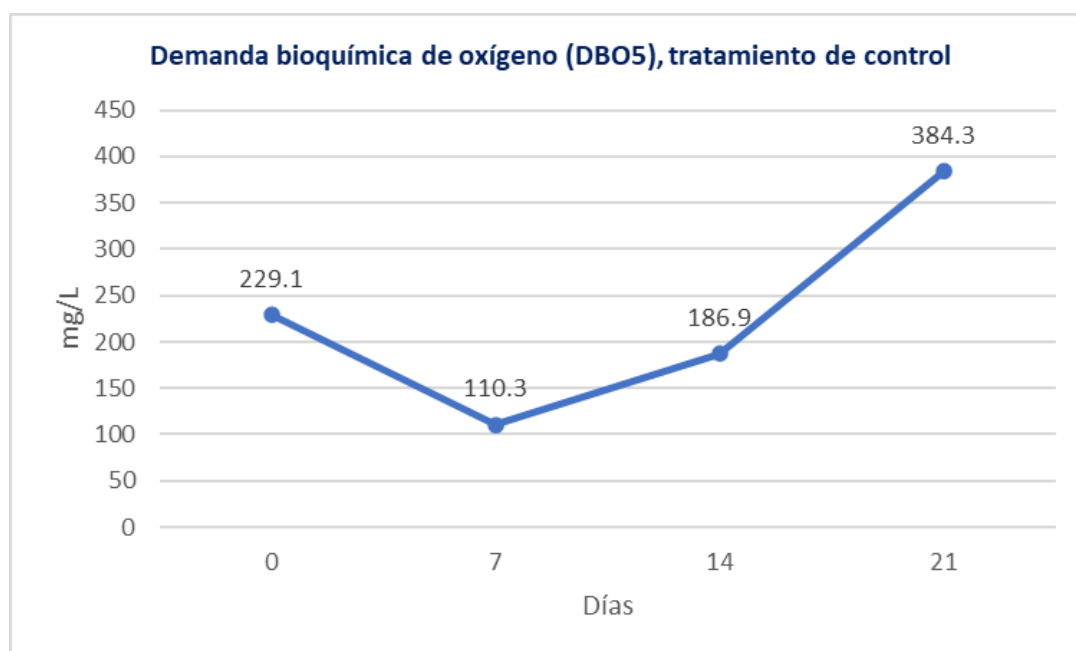
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), tratamiento con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno, con tratamiento aplicando jacinto de agua, notamos que la remoción máxima se logra a los 14 días, pero sin mucha variación en comparación a la obtenida a los 7 días. El porcentaje de remoción a los 7 días es igual a 34.74%, a los 14 días es de 44.91% sin mucha variación y finalmente a los 21 días el porcentaje de remoción es 33.04% siendo un tiempo no óptimo.

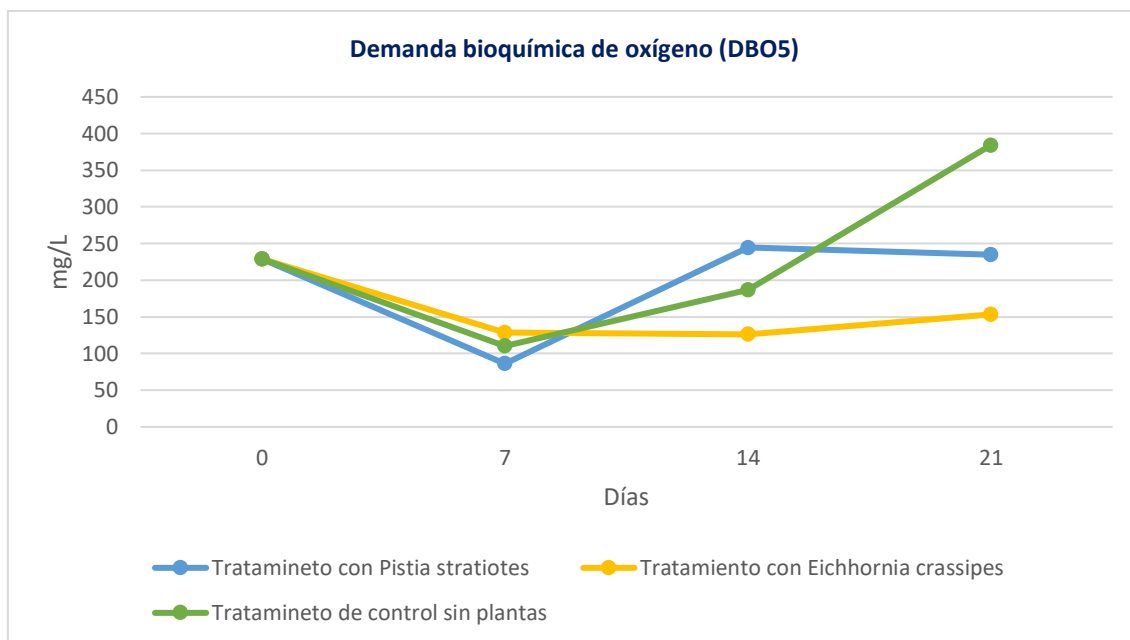
Gráfico 15 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), tratamiento de control



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el valor óptimo en el tratamiento sin plantas para el DBO5 fue al en el día 7, obteniéndose un valor de 110.2 mg/L, después se aprecia un aumento de demanda de oxígeno, hasta llegar al máximo de 384.3 mg/L. El porcentaje de remoción que se logró a los 7 días fue igual a 51.86 % a los 14 días fue de 18.42% y a los 21 días aumentó la DBO, por lo que no hubo remoción, el aumento fue brusco, de 67.74%.

Gráfico 16 Remoción de DBO, según el tratamiento y el tiempo



Fuente: Elaboración propia

La remoción de DBO5 fue la adecuada en el tratamiento con lechuga de agua a los 7 días con un valor de 86.21 mg/L -equivalente a un 62.3 % de remoción- que cumple con los máximos permisibles de la norma, que nos indica un máximo de 100 mg/L; así mismo, el tratamiento de control y con jacinto de agua no cumplieron con los máximos permisibles, teniendo el jacinto de agua una remoción 43.7% y 44.9% remoción a los 7 y 14 días respectivamente.

Comparando los valores de los modelos experimentales con los del tratamiento existente que registra un DBO5 de 172.6, se puede identificar que son más eficientes la lechuga de agua y el modelo de control a los 7 días; el jacinto de agua logra resultados óptimos a los 14 días.

En la investigación de Mendoza, Pérez y Galindo, [5] donde usaron estos dos tipos de planta, los resultados para DBO5 son de 71.2% a 79.1% de remoción a los 7 días, día en que se proyectó el experimento. Por lo que notamos que no hay una mayor remoción en comparación a los resultados obtenidos, esto se puede deber a las

condiciones donde se realizaron ambos experimentos, uno en un ambiente frío relativamente y el otro en un ambiente que supera los 27 °C, lo que favorece el crecimiento de las plantas. En otra investigación Valipour [13] en el tratamiento con jacinto de agua, utilizando una membrana Bio-hedge obtiene valores de remoción iguales a 84%, valor de igual manera superior al obtenido en este experimento, en el que el jacinto de agua tiene una remoción de 44.91%. Para esta investigación el control sin plantas llegó a tener una remoción 25%; sin embargo, en el modelo construido ha salido una remoción máxima de 51.86%, superando incluso al tratamiento con jacintos de agua.

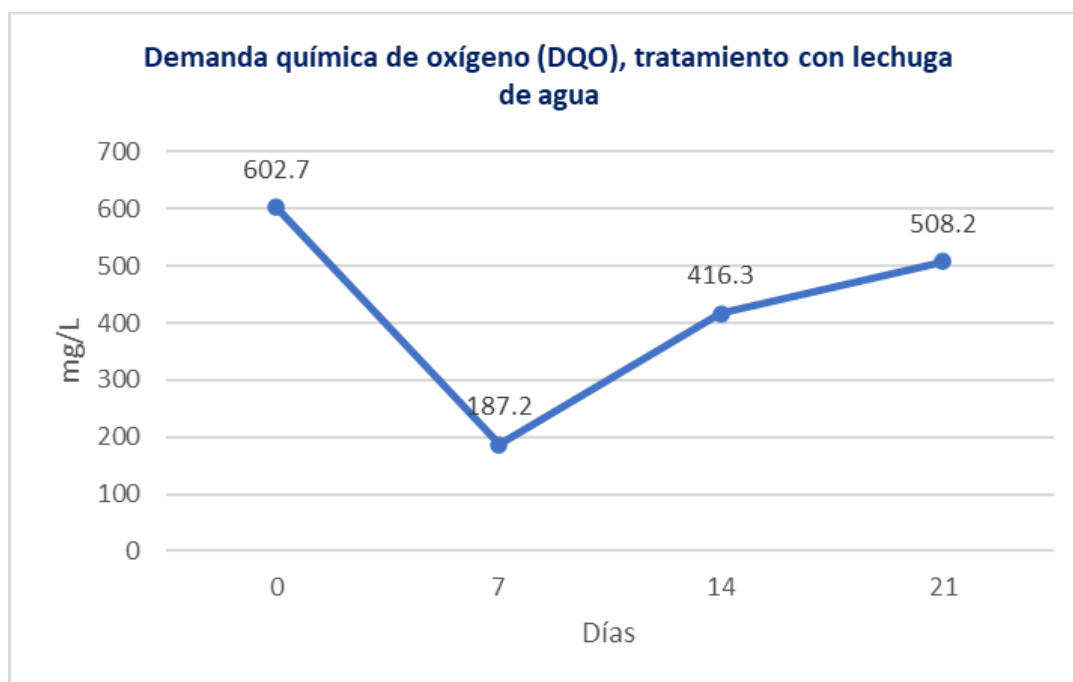
4.7. Análisis de demanda química de oxígeno

Tabla 11 Porcentaje de remoción de acuerdo con los tratamientos

Unidad	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
	Mg O ₂ /L		Mg O ₂ /L		Mg O ₂ /L	
0	602.7		602.7		602.7	
7	187.2	68.94%	213.5	64.58%	203.7	66.20%
14	416.3	30.93%	215	64.33%	324.1	46.23%
21	508.2	15.68%	290	51.88%	675.2	-12.03%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17 Demanda química de oxígeno (DQO), tratamiento con *Pistia stratiotes*

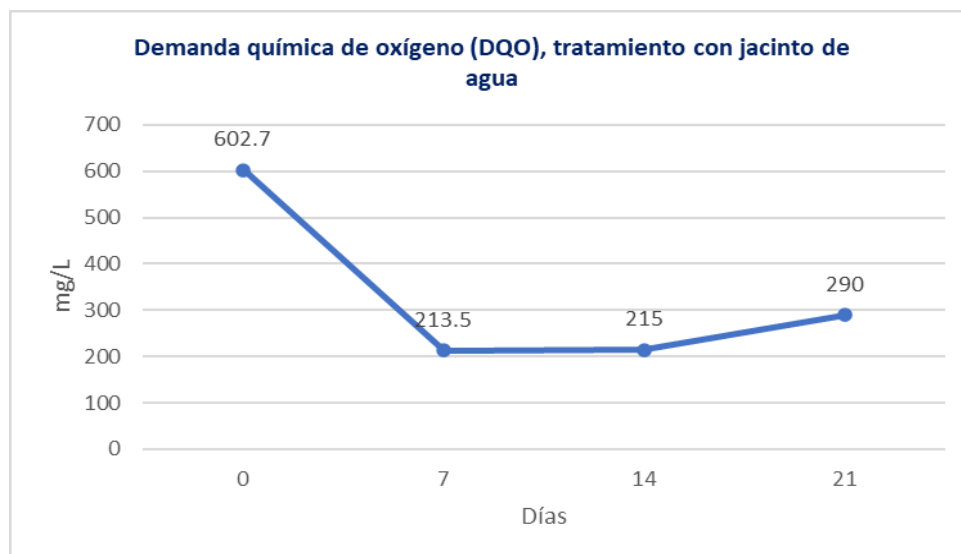


Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la demanda química de oxígeno, los resultados con el tratamiento de lechuga de agua tenemos: a los 7 días se tiene una disminución adecuada de 68.94%,

pero después se tiene un incremento constante llegando hasta los 508.2 mg/L a los 21 días que representa una remoción de 15.68% con respecto al día 0, la remoción a los 14 días es de 30.93%.

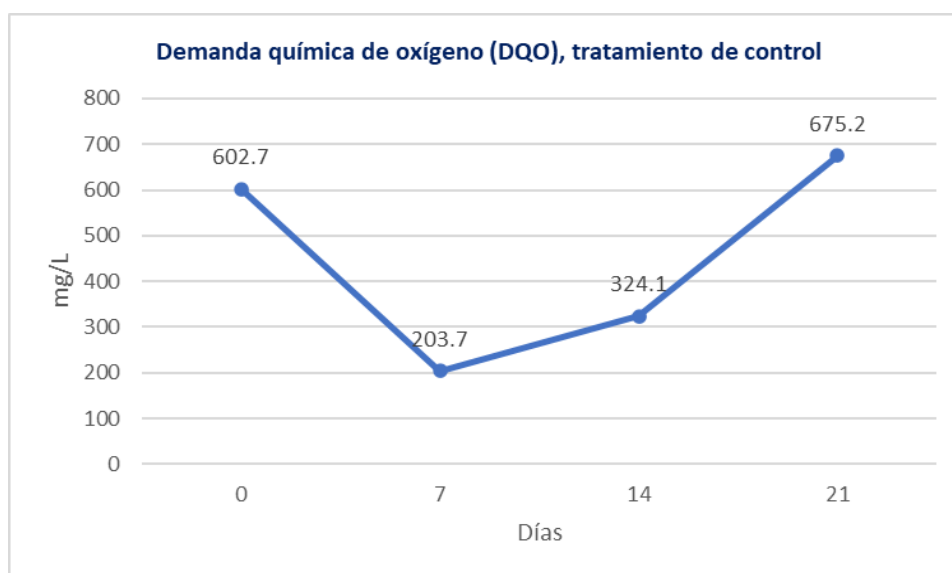
Gráfico 18 Demanda química de oxígeno, (DQO), tratamiento con *Eichhornia crassipes*



Fuente: Elaboración propia

En la demanda química de oxígeno los resultados producto del tratamiento con jacinto de agua detallan, que la máxima remoción de este parámetro lo obtenemos a los 7 días, con una remoción de 64.58%, pero sin mucha variación en comparación con los 14 días que en porcentaje de remoción es igual a 64.33%, además los resultados a los 21 días no son óptimos y se vuelve ineficiente puesto que aumenta en relación con los obtenidos anteriormente con una remoción sólo del 51.88%.

Gráfico 19 Demanda química de oxígeno, (DQO), tratamiento de control

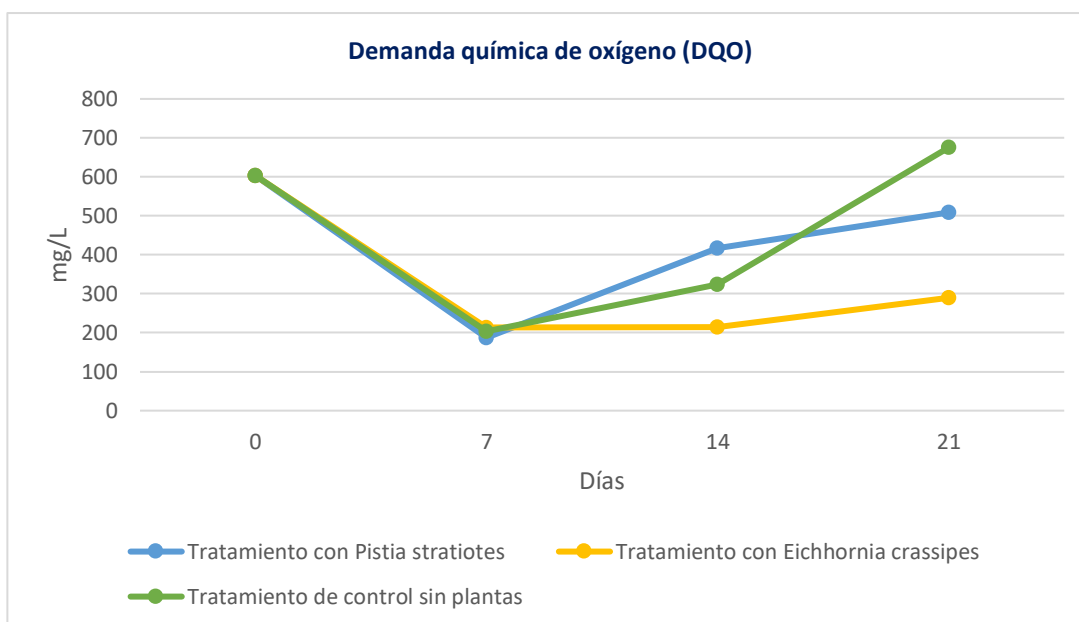


Fuente: Elaboración propia

La DQO tiene un valor mínimo en el tratamiento sin plantas en el día 7, con una remoción del 66.20%, exactamente 203.7 mg/L, pero luego experimenta un aumento que llega hasta los 324.1 mg/L a los 14 días, que representa el 46.23% de remoción, y a los 21 días el aumento respecto al día 0 es de 12.03 %, por lo que sería ineficiente e innecesario.

Comparando los tres modelos de tratamiento se afirma que la lechuga de agua a los 7 días ofrece la remoción óptima, llegando a un valor de 187.2 mg/L -que representa el 68.94% de remoción- cumpliendo con los límites exigidos por la norma en los que establece como máximo 200 mg/L, de igual manera el tratamiento de control y el jacinto de agua tienen sus remociones máximas a los 7 días, siendo de 66.2% y 64.6% respectivamente; sin embargo, no cumplen con los límites máximos permisibles. También se aprecia que la demanda química de oxígeno aumenta considerablemente a los 21 días, llegando a un valor máximo de 675 mg/L en el modelo sin plantas, lo que nos da un indicativo de la eficiencia de estas, además en comparación con el tratamiento existente el cual tiene un valor de 314 mg/L, se ha obtenido mejores resultados con los tres tipos de modelo a los 7 días y con el Jacinto a los 14 días.

Gráfico 20 Remoción de DQO según el tratamiento y el tiempo



Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el análisis de la DBO, en la DQO también se obtuvieron resultados de otras investigaciones, Mendoza [5] obtiene valores -en su modelo construido a escala- de 64.2% a 76.2% de remoción para ambas plantas. Lo que coincide con los resultados del modelo de prueba en el rango más bajo. En otra investigación Valipour

[13] nos da resultados de remoción de DQO iguales a 79%, lo que difiere de los resultados obtenidos, cabe resaltar que la investigación también se realizó en otras condiciones ambientales. Además, en su tratamiento utiliza un fijador de microorganismos, la malla Bio – hedge. Después de analizar este parámetro podemos afirmar que no hubo diferencia significativa entre los modelos planteados, ya que el modelo sin plantas se mantuvo en el mismo rango a los 7 días.

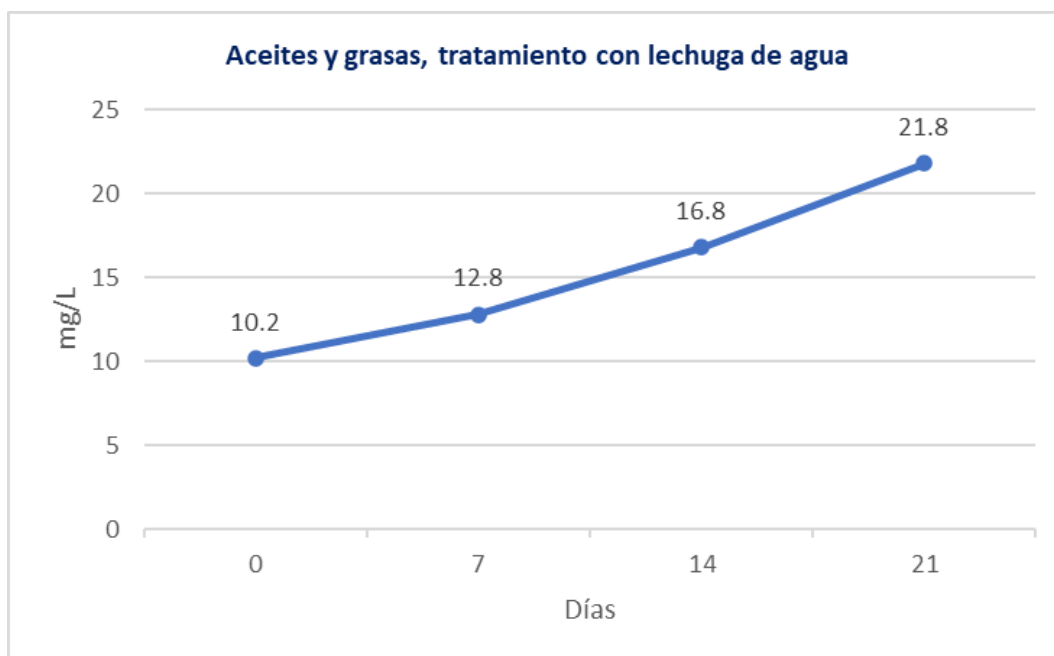
4.8. Análisis de los aceites y grasas

Tabla 12 Porcentajes de remoción de aceites y grasas según tratamiento

Aceites y grasas						
	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
Unidad	mg HEM/L		mg HEM/L		mg HEM/L	
0	10.2		10.2		10.2	
7	12.8	-25.49%	22.1	-116.67%	14.9	-46.08%
14	16.8	-64.71%	9.3	8.82%	16.8	-64.71%
21	21.8	-113.73%	10.6	-3.92%	27.4	-168.63%

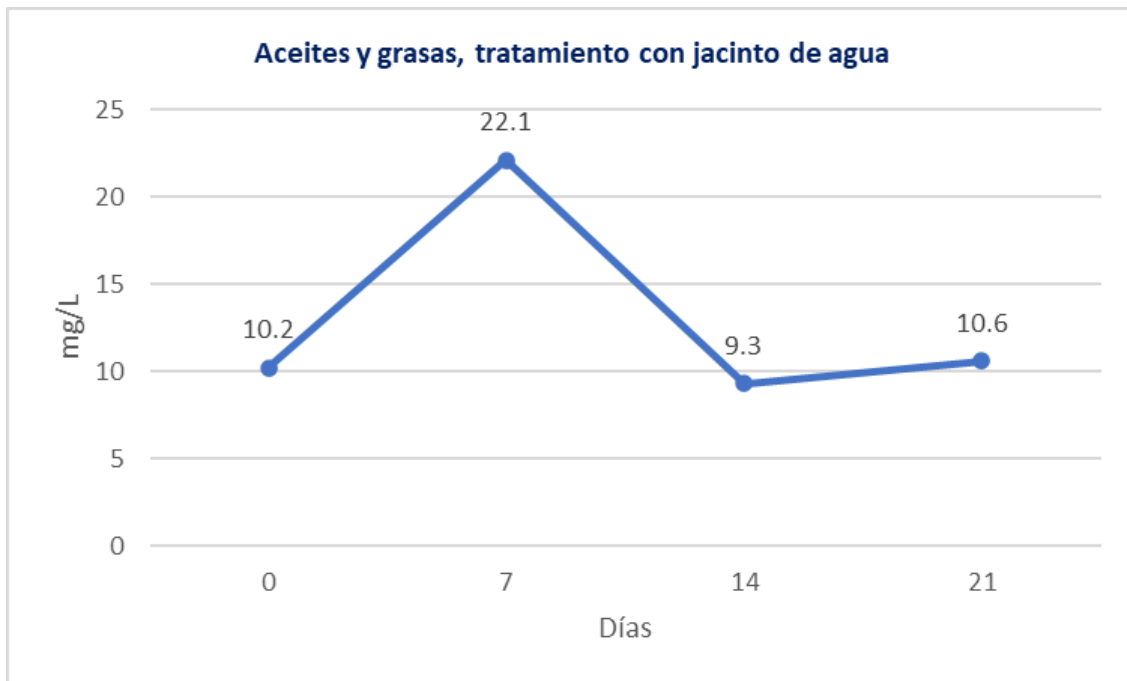
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 21 Aceites y grasas, tratamiento con *Pistia stratiotes*



Fuente: Elaboración propia

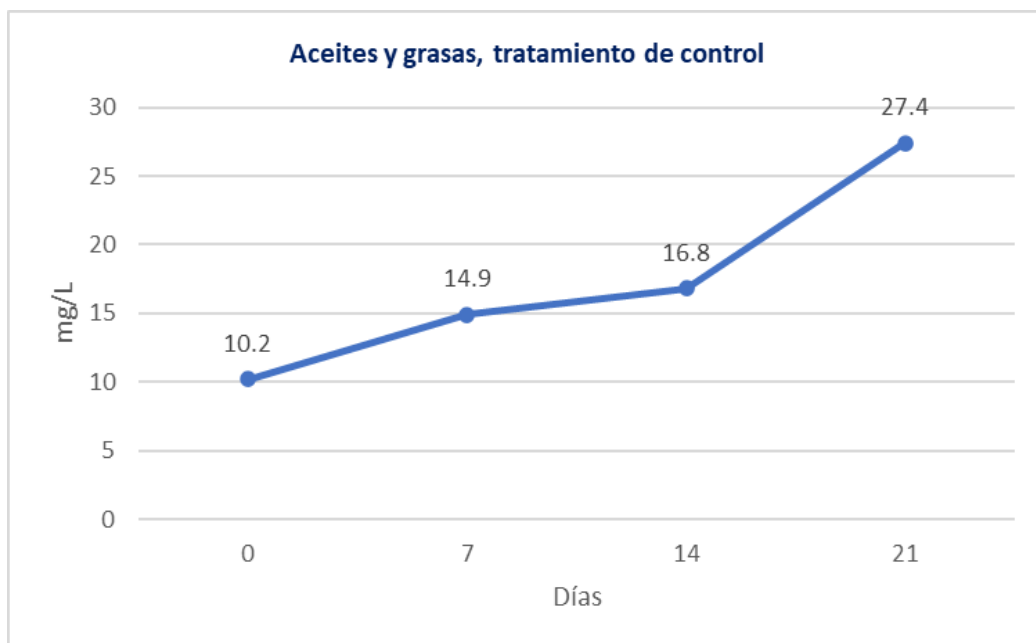
En el tratamiento con lechuga de agua, en cuanto a los aceites y grasas, podemos observar que no existe ninguna disminución, por el contrario, hay un aumento progresivo, siendo el menor valor a los 7 días. El aumento a los 7 días fue de 25.49%, a los 14 días de 64.71% y a los 21 días hubo un aumento de 113.73 %, lo que demuestra que, para este tipo de modelo y tratamiento, los aceites y grasas aumentan proporcionalmente con los días y con el ingreso de más agua.

Gráfico 22 Aceites y grasas, tratamiento con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Elaboración propia

Observamos una remoción aceptable, aunque no considerable en cuanto a aceites y grasas, puesto que hay un aumento en el día 7 y luego se estabiliza y llega a un valor de 9,3 mg/L, lo que nos da un valor a los 14 días que cumple con la normativa vigente. A los 7 días aumentó la concentración de aceites y grasas en un 116.67%, a los 14 días hubo remoción respecto al día 0, la remoción fue igual a 8.82%, aumentando levemente hacia el día 21, con un valor de 3.92%.

Gráfico 23 Aceites y grasas, tratamiento de control

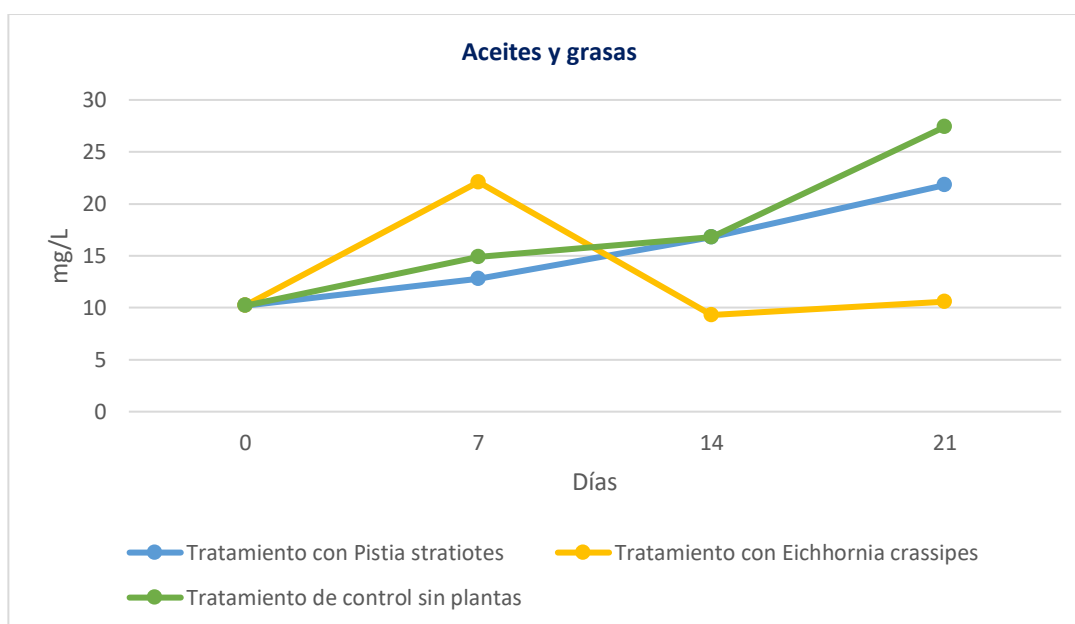


Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los aceites y grasas removidas por el tratamiento de control, podemos observar el aumento de su concentración, hasta llegar a un máximo en el día 21, lo que nos da a entender que no es necesario ni conveniente retener el agua residual por tanto tiempo. El día 7 aumentó la concentración de aceites y grasas en un 46.08%, a los 14 días fue de 64.71 y a los 21 días 168.63%.

En comparación, el modelo que más grasa removió fue que tenía el jacinto de agua a los 14 días, con una remoción de 0.9 mg/L -8.82%-, por el contrario, en los otros dos modelos podemos ver un incremento constante de aceites y grasas en cada día de muestreo. En comparación al tratamiento actual de la PTAR, que tiene un valor en el efluente de 14.3 mg/L de aceites y grasas, el tratamiento con lechuga de agua a los 7 días y el tratamiento con jacinto de agua a los 14 días son más eficientes.

Gráfico 24 Remoción de aceites y grasas según el tratamiento y tiempo



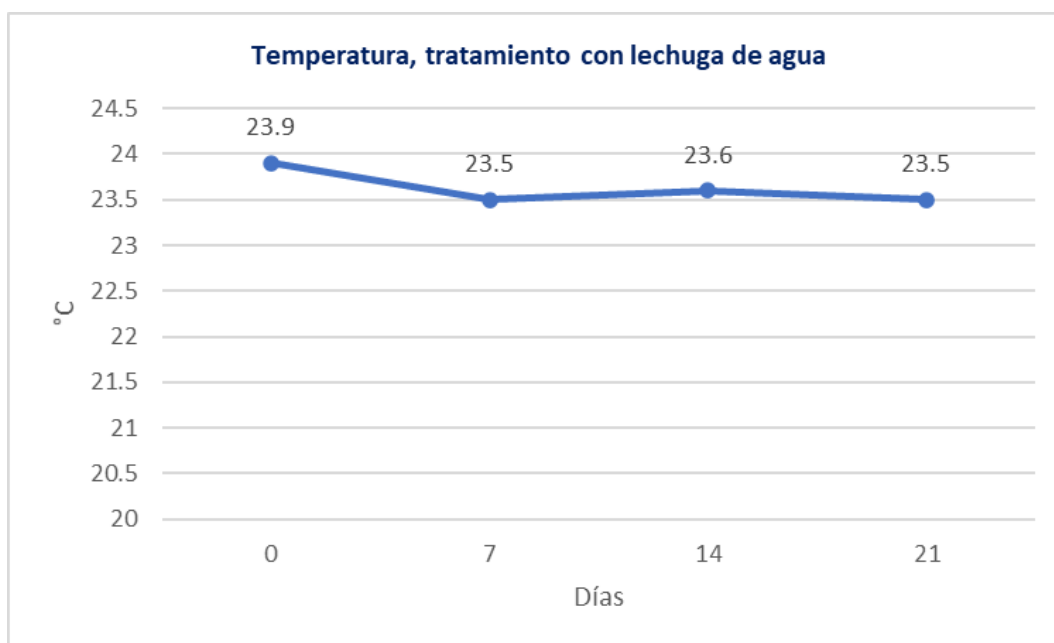
Fuente: Elaboración propia

4.9 Análisis de variación de la temperatura

Tabla 13 Variación de la temperatura según tratamiento

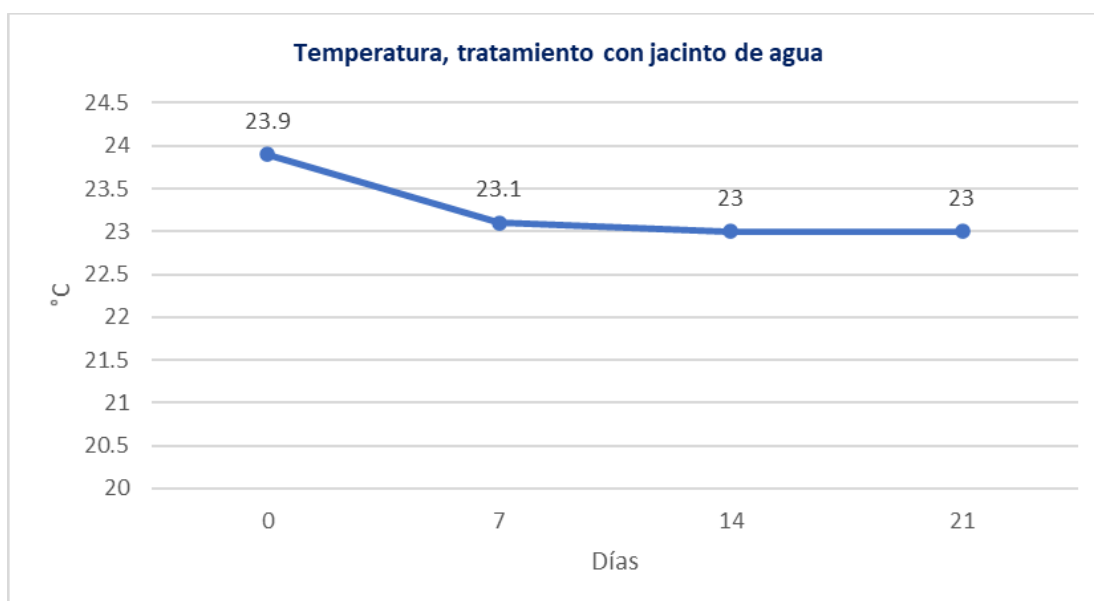
Unidad	Lechuga de agua		Jacinto de agua		Control	
	°C	%	°C	%	°C	%
0	23.9		23.9		23.9	
7	23.5	1.67%	23.1	3.35%	23.4	2.09%
14	23.6	1.26%	23	3.77%	23.3	2.51%
21	23.5	1.67%	23	3.77%	23.4	2.09%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 25 Temperatura, tratamiento con *Pistia stratiotes*

Fuente: Elaboración propia

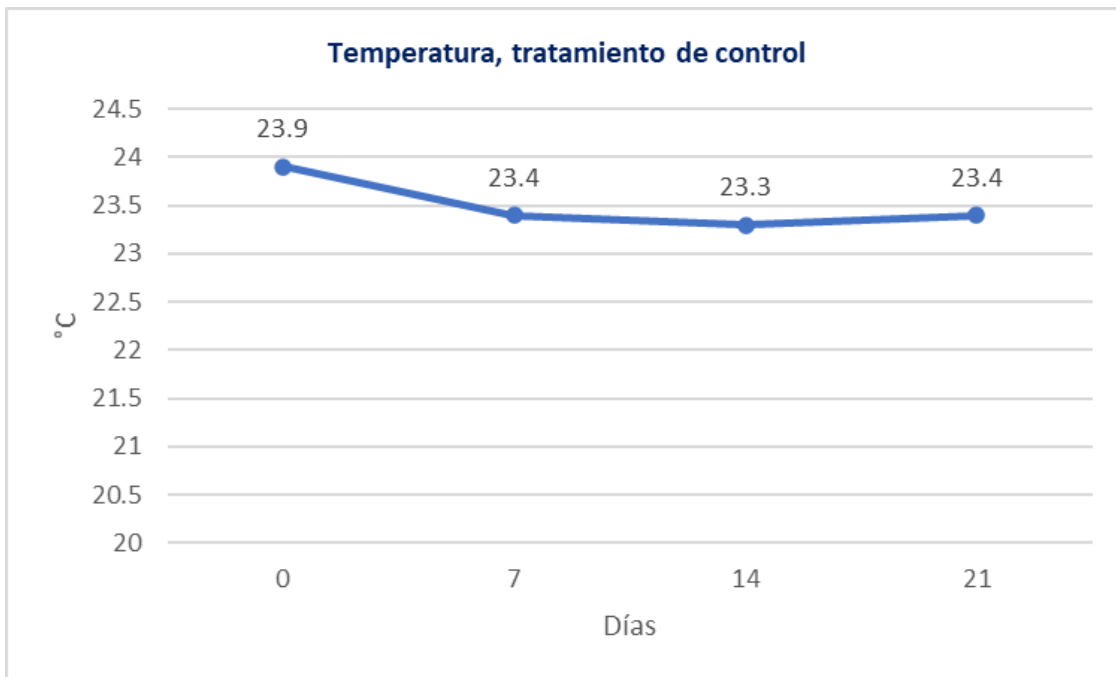
La temperatura en el modelo con lechuga de agua disminuyó en 0.4 grados desde su ingreso y se mantuvo constante en todas las tomas realizadas. A los 7 días había una disminución de temperatura igual a 1.67% a los 14 días la disminución fue de 1.26%, además a los 21 se mantuvo constante en 1.67% de reducción de temperatura.

Gráfico 26 Temperatura, tratamiento con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Elaboración propia

La temperatura en el tratamiento con jacinto de agua en este caso baja y se mantiene constante, no hay mayores cambios, puesto que cumple con la normativa actual. La disminución fue de 3.55% a los 7 días, a los 14 y a los 21 días fue de 3.77%.

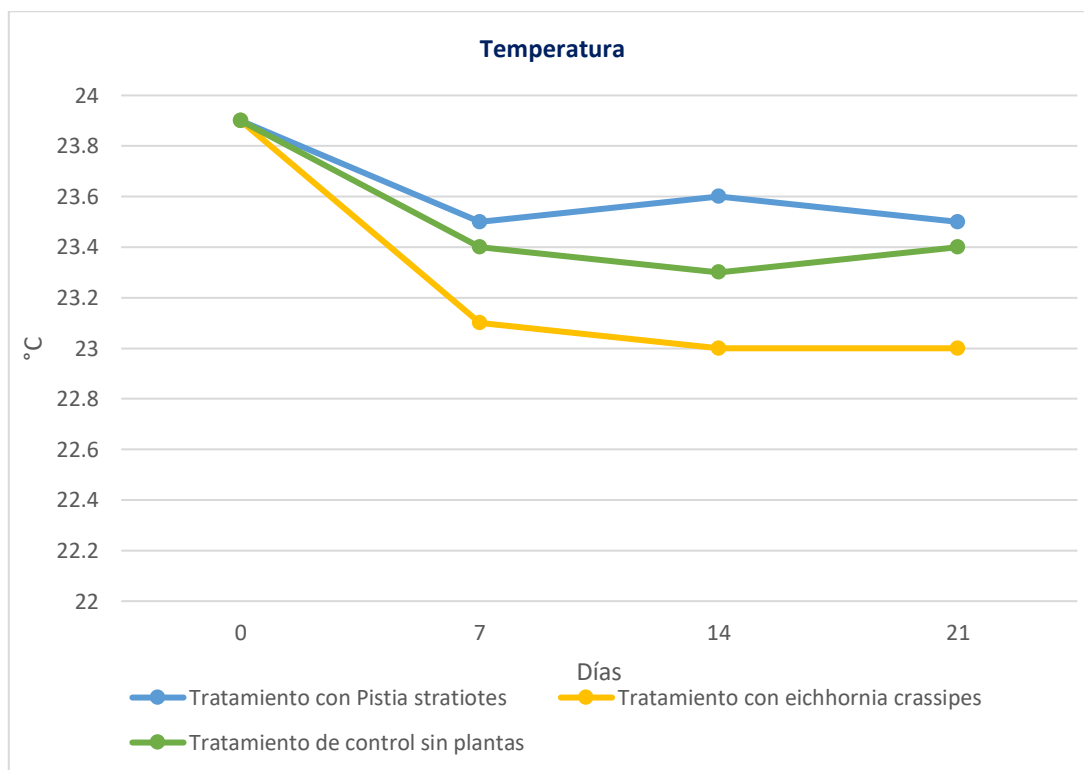
Gráfico 27 Temperatura, tratamiento de control



Fuente: Elaboración propia

La temperatura del agua en el tratamiento de control bajó, pero desde el día 7 se mantuvo constante en el tiempo sin mayores variaciones, la disminución fue de 2.09%.

Gráfico 28 Variación de la temperatura según el tratamiento y el tiempo



Fuente: Elaboración propia

En comparación, la temperatura se mantiene constante después de su ingreso a los modelos de tratamiento, teniendo la temperatura más baja el tratamiento con jacinto de agua con un valor de 23 °C, los otros dos modelos se mantienen constante y similares entre ellos, con una media de 23.5 °C.

Valipour [13] en su investigación concluye que la temperatura se mantiene en 24.20 ± 0.83 °C, al final del tratamiento a los 10 días. Estos valores comparados con los resultados de la investigación se encuentran dentro del rango, menos con el jacinto de agua que mantiene una temperatura de tratamiento más baja. La investigación de Valipour se realizó en Malasia en un clima cálido, por lo que se justifica la diferencia de temperatura en el tratamiento. Así mismo Akinbile [14] en sus modelos de tratamiento logra temperaturas de 25°C a 35°C. Esta diferencia se puede explicar cómo en el otro antecedente, porque el lugar de aplicación es una zona donde las temperaturas ambientales son elevadas. Esta se realizó de igual manera en Malasia.

V. CONCLUSIONES

1. Las condiciones ambientales -temperatura ambiental y horas de sol- en las que realizó el experimento no favorecieron al crecimiento y depuración de las plantas, con temperatura que oscilan entre: la temperatura máxima promedio de 23.34 °C y la temperatura mínima promedio de 17.28 °C, con una humedad relativa del aire igual a 84.75 %.

2. Se captó el agua sin problemas en la misma PTAR, para lo cual se tomó las medidas preventivas necesarias, ya que el tiempo de la investigación coincide con la pandemia del Covid-19, para lo que se contaron con los permisos necesarios.

3. Los modelos se construyeron según lo indicado en el plan, de vidrio y con las medidas respectivas que garantizaron el correcto tratamiento de las aguas residuales.

4. El tratamiento con lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) logra sus resultados óptimos a los 7 días en aceites y grasas con un aumento del 25,49%, en DQO con 68.94% de remoción, en DBO con 62.37% de remoción, en TSS con un aumento de 32.72%, remoción de coliformes termotolerantes de 99.85%. El tratamiento con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) tiene resultados óptimos a los 14 días, en la remoción de TSS se tiene un aumento de 36.09 %, en comparación a los 7 días y 14 días en los que aumenta un 54.64% y 121.08% respectivamente, remoción de DBO que alcanza un valor de 44.91%. En el DQO se obtiene una disminución del 64.33% y a los 7 días en un 64.58%. En cuanto a aceites y grasas la remoción fue de 8.82%, siendo el óptimo. El tratamiento de control sin plantas tuvo los siguientes resultados siendo el óptimo al día 7, en el que el pH aumentó un 8.52%, los TSS aumentaron un 26.98%, lado disminuyó 51.86%, la DQO 66.20%, los aceites y grasas aumentaron un 46.08% y la temperatura disminuyó en 2.09%.

5. De los tres modelos, en coliformes termotolerantes la lechuga de agua tuvo una mayor remoción, seguido por el jacinto de agua. En la neutralización de pH el comportamiento de las plantas fue similar, siendo el menos efectivo el tratamiento sin plantas. En TSS el jacinto de agua tuvo una mayor efectividad de remoción, el menos efectivo fue el tratamiento sin plantas. En cuanto a la DBO la lechuga de agua es la más efectiva a los 7 días y el jacinto de agua los 14, siendo la lechuga de agua la planta que mejor se ha adaptado. La DQO fue removida de manera óptima por la lechuga de agua a los 7 días, el tratamiento sin plantas fue similar sin grandes variaciones. En

cuanto a los aceites y grasas el jacinto de agua ofrece la mayor remoción y el tratamiento sin plantas el que menos eficacia tiene.

6. En comparación con los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes de las aguas residuales domésticas, concluimos que, se cumple el parámetro de coliformes termotolerantes, con todos los modelos, de pH con todos los modelos hasta los 7 días, se cumple con los TSS, la lechuga de agua a los 7 días cumple con el DBO5 más no los otros modelos, de igual manera con el DQO, se cumple con los aceites y grasas y la temperatura es la adecuada, por lo que se cumple con los parámetros de límites máximos permisibles.

7. Finalmente; sí, es recomendable aplicar un tratamiento de aguas residuales con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), con las siguientes condiciones obtenidas de la investigación: el tiempo óptimo para el tratamiento con lechuga de agua es de 7 días y con jacinto de agua es igual a 14 días; la proporción de plantas es de: 71 unidades por metro cuadrado de lechugas de agua medianas y 45 unidades de jacintos de agua medianos por metro cuadrado. Además, se puede aplicar en las condiciones ambientales de experimentación, pero se recomienda mayores temperaturas. La altura de agua -tirante- debe ser proporcional a la utilizada en los modelos de experimentación, puesto que las raíces son las depuradoras, o se puede aplicar sistemas de tratamiento mixtos con zonas anaeróbicas..

VI. RECOMENDACIONES

El tratamiento de las aguas residuales por las plantas flotantes utilizadas está influido directamente por las condiciones ambientales, por lo que si se desea saber cómo afecta su tratamiento otra estación del año y otras condiciones climáticas y ambientales se puede plantear la investigación. Además, se recomienda probar nuevas plantas acuáticas y técnicas más avanzadas en base a este estudio.

Se recomienda un tiempo de aclimatación y adaptación mayor a dos meses para las lechugas de agua, por la pérdida de raíz y marchitación que se ha visto en el experimento, lo que ha hecho que los resultados con esta planta no sea la óptima.

En cuanto al tratamiento existente en la PTAR se debe mejorar y controlar mejor los parámetros ya que no se está cumpliendo los límites máximos permisibles establecido en la normativa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Yee, «Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas,» 31 diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>. [Último acceso: 24 octubre 2019].
- [2] Sunass, Diagnóstico de las plantas de tratamiento de las aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento, Lima, 2015.
- [3] Comisión Nacional del Agua, Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Humedales artificiales, México: Comisión Nacional del Agua.
- [4] J. Martelo y J. Lara, «Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte,» *Ingeniería y Ciencia, ing. cienc*, pp. 221-243, 2012.
- [5] Y. Mendoza, J. Perez y A. Galindo , «Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales,» *Información Tecnológica*, p. 10, 2018.
- [6] U. F. C. Sayago, «Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes,» *Fundación Universitaria los Libertadores*, p. 8, 2016.
- [7] R. Poveda, «Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en El Cantón Ambato, provincia de Tungurahua,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2014.
- [8] C. E. M. Granda, «Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies vegetales (Pistia stratiotes L) y (Hydrocotyle ranunculoides L.f) en el tratamiento de las aguas contaminadas por la porcicultura en la granja "El Guayabal" del barrio Nambija Bajo, Cantón Zamora,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, Zamora, 2016.
- [9] J. L. Salazar Paredes, «Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia crassipes "JACINTO DE AGUA",» UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA, Tingo María, 2015.
- [10] J. E. Vásquez Chingay, «Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la universidad César Vallejo - Trujillo utilizando jacinto de agua (Eichhornia Crassipes) en humedales artificiales,» UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, Trujillo, 2018.
- [11] R. A. Aragon Calderon, A. Parra Collazos y M. A. Peña Torres, «Evaluación preliminar del funcionamiento de un sistema prototipo de humedales artificiales empleando Heliconia Psittacorum y Cyperus Papyrus para el tratamiento de aguas residuales,» *AGROECOLOGÍA: CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, vol. 3, nº 1, pp. 7-12, 2015.
- [12] U. F. Carreño Sayago y C. A. Granada Torres, «Design, Development, and Evaluation of a Laboratory-Scale Phytoremediation System Using Eichhornia Crassipes for the Treatment of Chromium-Contaminated Waters,» *TECCIENCIA*, vol. 12, nº 22, pp. 7-14, 2016.

- [13] A. Vallipour , k. R. Venkatraman y A. Young-Ho, «Effectiveness of domestic wastewater treatment using a Bio-Hedge water hyacinth wetland system,» *ResearchGate*, n° 7, pp. 329-347, 2015.
- [14] Aknbile y M. Yusoff, «Assessing Water Hyacinth (Eichhornia Crassopes) and Lettuce (Pistia Stratiotes) Effectiveness in Aquaculture Wastewater Treatment,» *International Journal of phytoremediation*, vol. 14, pp. 201-211, 2012.
- [15] S. Rezania , M. Faldin Md Din, S. Mat Taib, F. Aini Dahalan , A. Rahman Songip, L. Singh y H. Kamyab , «The Efficient role of aquatic plant (water hyacinth) in treating domestic wastewater in continuous system,» *International Journal of Phytoremediation*, vol. 18, n° 7, pp. 679-685, 2016.
- [16] F. Larios, C. Gonzales y Y. Morales , «Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú,» *Saber y Hacer*, 2015.
- [17] RNE, Obras de Saneamiento, Lima: CAPECO, 2012.
- [18] S. Quiroz, C. Menéndez y E. Izquierdo , Tratamiento de agua y aguas residuales, Manabí: Universidad Técnica de Manabí, 2019.
- [19] O. Delgadillo, A. Camacho , L. Pérez y M. Andrade, Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales, Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón, 2010.
- [20] M. M. Bermeo Garay, Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales, Guayaquil, 2016.
- [21] INEI, Resultados definitivos de los censos nacionales 2017, Lambayeque, Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017.
- [22] Municipalidad Distrital de Reque, «Economía,» [En línea]. Available: <https://munireque.gob.pe/?p=69#:~:text=EL%20COMERCIO,y%20boticas%2C%20grifos%20de%20combustible..> [Último acceso: 2021 Mayo 27].
- [23] M. Lekeufack, T. Fonkou, T. Pamo y A. Amougou, «Removal of faecal bacteria and nutrients from domestic wastewater in a horizontal flow wetland vegetated with *Echinochloa pyramidalis*,» *African Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 6, n° 9, pp. 337-345, 2012.
- [24] Organización Panamericana de la Salud, Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y las lagunas de estabilización, Lima: UNATSABAR, 2005.

VIII. ANEXOS.

Anexos 1 Diseño de tanque séptico para tratamiento primario

DISEÑO DE UN TANQUE SÉPTICO			
DATOS INICIALES			
TANQUE			
$L=$	0.9	m	
$B=$	0.9	m	
$P(\text{POBLACIÓN SERVIDA})=$	x		
$\text{CAUDAL UNITARIO, (LITROS/HABITANTE * DÍA)}=$	x		
<i>Al ser un diseño experimental se pueden tomar los valores mínimos</i>			
	$P*Q=$	40	litro s
1. PERIODO DE RETENCIÓN HIDRÁULICA			
$PR = 1,5 - 0,3 \log(P \times Q)$			
Tomamos el mínimo tiempo de retención hidráulica			
		$PR=$	6 días
2. VOLUMEN REQUERIDO PARA LA SEDIMENTACIÓN			
$V_s = 10^{-3} \times (P \times Q) \times PR$			
		$V_s=$	0.24 m ³
3. VOLUMEN DE DIGESTIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LODOS			
$V_d = 70 \times 10^{-3} \times P \times N$			
		$V_d=$	0.0269 m ³
4. VOLUMEN DE LODOS PRODUCIDO			
		Vol. lodos =	0.0192 m ³ /año
5. VOLUMEN DE NATAS			
		$Min=$	0.07 m ³
6. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE ESPUMAS SUMERGIDAS			
$He = \frac{0,7}{A}$			

He= 0.0332 m

7. PROFUNDIDAD LIBRE DE ESPUMA SUMERGIDA

Normalmente= 0.1 m

8. PROFUNDIDAD MINIMA REQUERIDA PARA LA SEDIMENTACIÓN

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

Hs= 0.2963 m

9. PROFUNDIDAD DE ESPACIO LIBRE

$$H_o = 0,82 - 0,26 \times A$$

Hl= 0.3 m

10. PROFUNDIDA NETA DEL TANQUE SÉPTICO

Hn= 0.4533 m

11. DIMENSIONES FINALES

L= 0.9

A= 0.9

H= 0.75

Fuente: Organización Panamericana de la Salud

Anexos 2 Tabla de valores de temperatura humedad y precipitaciones durante el tiempo de experimentación

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : REQUE				
Departamento : LAMBAYEQUE		Provincia : CHICLAYO		Distrito : ETEN
Latitud : 6°53'10.07"		Longitud : 79°50'7.8"		Altitud : 13 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 106046		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
21/04/2021	23.4	17.2	88.3	0
22/04/2021	23.3	17.4	86	0
23/04/2021	24.2	17.3	87.4	0
24/04/2021	23.3	15.9	86.7	0
25/04/2021	24.9	16.6	81.4	0
26/04/2021	22.6	16.9	85.5	0
27/04/2021	22.8	16.6	85.4	0
28/04/2021	23.2	16.2	83.5	0
29/04/2021	22.9	17.1	83.9	0
30/04/2021	23	17.3	83.5	0

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

* El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario.

Leyenda:

* S/D = Sin Datos.

* T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día).

Estación : REQUE				
Departamento : LAMBAYEQUE		Provincia : CHICLAYO		Distrito : ETEN
Latitud : 6°53'10.07"		Longitud : 79°50'7.8"		Altitud : 13 msnm.
Tipo : CO - Meteorológica		Código : 106046		
AÑO / MES / DÍA	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)
	MAX	MIN		TOTAL
1/05/2021	24.2	18.5	81.6	0
2/05/2021	22.4	17.5	84.8	0
3/05/2021	26.2	18.4	77.1	0
4/05/2021	24.4	17.6	82.6	0
5/05/2021	22.7	16.6	89	0
6/05/2021	24.4	18.1	81.5	0
7/05/2021	23.5	17.9	83.2	0
8/05/2021	23	17.7	84.7	0
9/05/2021	21.8	17.1	87.9	0
10/05/2021	23.5	17	80.7	0
11/05/2021	23.8	16.7	79.2	0
12/05/2021	22.5	17	87	0
13/05/2021	22.8	17.1	86.3	0
14/05/2021	22.6	17.5	87.2	3.5
15/05/2021	22.3	17.4	87.2	1.1
16/05/2021	22.6	17.7	89.2	0.2
17/05/2021	23.2	17.2	86.2	0
18/05/2021	24.1	18.3	86	0

Fuente: SENAMHI

Anexos 3 Toma de muestras de afluente a la PTAR



Fuente: Toma propia

Anexos 4 Toma de muestras de efluente de PTAR



Fuente: Toma propia

Anexos 5 Fotografía después de haber llenado el tanque séptico



Fuente: Toma propia

Anexos 6 Fotografía de tanque séptico en funcionamiento



Fuente: Toma propia

Anexos 7 Fotografía de las tres muestras de agua periódicas para cada parámetro



Fuente: Toma propia

Anexos 8 Desarrollo de las plantas a los 21 días, en la etapa final



Fuente: Toma propia

Anexos 9 Respuesta de aceptación para permisos de tomas de muestra y utilización de instalaciones, EPSEL



Chiclayo, 20 de Abril 2021

OFICIO N° - 2021- EPSEL S.A-GG/GO

DR. ING. MAXIMILIANO ARROYO ULLOA
Decano de la facultad de ingeniería
Av. San Josemaría Escrivá N° 855
Ciudad. -

ASUNTO: Respuesta al Documento de la Referencia
CARTA N° 083-2021-USAT-EICA (COD.676737)

Tengo el agrado de dirigirme a Usted y a nombre de mi representada expresarle mi cordial saludo y en atención al documento de la referencia, donde da a conocer que el estudiante DELGADO VÁSQUEZ JHIAMIL STALIN, se encuentra desarrollando su proyecto de tesis "Evaluación del aporte de las plantas acuáticas Pistia Stratiotes y Eichhornia Crassipes en el tratamiento de aguas residuales municipales del distrito de Reque provincia de Chiclayo", motivo por lo cual solicita el permiso para acceder a la PTAR Reque, tomar muestras de agua y utilizar sus instalaciones.

Al respecto, esta Gerencia da por aceptado lo solicitado exhortando que al término del estudio entregue una copia de/ proyecto final.

Sin otro particular hago propicio la oportunidad para expresarle mi especial consideración y estima.

Atentamente,



ING. ENRIQUE RENTERÍA CAMPOS
Jefe Zonal Sur EPSEL

Anexos 10 Resultados de laboratorio de muestra tomada el 20/04/2021

 L&M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N°LE: 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 167-052021

Pág. 1 de 3

INFORMACION DEL CLIENTE

RAZÓN SOCIAL/USUARIO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin RUC: -
**"EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA
 CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE REQUE
 PROVINCIA DE CHICLAYO"**

DIRECCIÓN : Calle union 192 - Salamanca - Jose Leonardo Ortiz- Chiclayo

CONTACTO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

INFORMACION DE LA MUESTRA

ENSAYOS SOLICITADOS : Microbiológico, Físicoquímico

ITEM(S) DE ENSAYO(S) : Agua Residual

PRODUCTO DECLARADO POR EL CLIENTE : Agua Residual

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Frasco de vidrio estéril de 300 mL (01), Frasco de vidrio ámbar de 1L (01), Frasco de plástico de 1L (01), Frasco de plástico de 500 mL (01), Frasco de plástico de 2500 mL (01)

CONDICION DE LA MUESTRA : Cumple con los requisitos de volumen y preservación

INFORMACION DEL MUESTREO

RESPONSABLE DEL MUESTREO : Muestreado por el cliente

LUGAR DE MUESTREO : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque¹

PLAN DE TOMA DE MUESTRA

: No Aplica

INFORMACION DEL LABORATORIO

COTIZACIÓN : N° 98-042021

FECHA/HORA DE RECEPCIÓN : 21/04/2021 09:04:00 a.m.

FECHA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES : 21/04/2021

LUGAR DE EJECUCIÓN : Laboratorio Loayza Murakami SAC

EMISION DEL INFORME : Trujillo, 03 de Mayo del 2021

AUTORIZA LA EMISIÓN

CARGO : Responsable de la Calidad

NOMBRE : Juan Carlos Colina Venegas

COLEGIATURA : C.B.P 9924

FIRMA :




Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratoriosym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 167-052021

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio		159-042021-1
Código de Cliente		Punto 1 (Reque -Entrada a PTAR)
Item de Ensayo		Agua Residual
Fecha de Muestreo		20/04/2021
Hora de Muestreo		09:04:00 a.m.
ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS
Parámetro	Unidad	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100mL	70x10 ⁵
ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS
Parámetro	Unidad	Resultados
pH*	Units pH	7.53
Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	mg/L	108.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**	mg O ₂ /L	268.1
Demanda Química de Oxígeno (DQO)**	mg O ₂ /L	527.3
Aceites y Grasas**	mg HEM/L	12.96

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 167-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

 L&M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	--	--

INFORME DE ENSAYO N° 171-052021

Pág. 3 de 3

INFORMACION DE MÉTODO DE ENSAYO

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA		
MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
NUMERACION DE COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C, E-1; 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.	1.8 NMP/100mL
MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
pH*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ A,B, 23rd Ed. 2017: pH Value. Electrometric Method	- Units pH
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D; 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	2.6 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 nd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	8.3 mg/L
ACEITES Y GRASAS**	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry	1.4 mg HEM/L

Notas:

- + Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- + Prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio Loayza Murakami S.A.C., excepto si se reproduce en su totalidad.
- + Los resultados indicados corresponden a las muestras recibidas y sometidas a ensayos en el laboratorio Loayza Murakami S.A.C.
- + Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- + Las muestras serán eliminadas al término del tiempo máximo de conservación, salvo requerimiento expreso del cliente.
- † Información brindada por el cliente. Los puntos de muestreo específicos son los considerados en el código del cliente.

"Fin del documento"



Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 171-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

Anexos 11 Resultados de laboratorio de muestra tomada el 27/04/2021

 L&M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 171-052021

Pág. 1 de 3

INFORMACION DEL CLIENTE

RAZÓN SOCIAL/USUARIO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin RUC: -
**"EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA
 CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE REQUE
 PROVINCIA DE CHICLAYO"**

DIRECCIÓN : Calle union 192 - Salamanca - Jose Leonardo Ortiz- Chiclayo

CONTACTO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

INFORMACION DE LA MUESTRA

ENSAYOS SOLICITADOS : Microbiológico, Físicoquímico

ITEM(S) DE ENSAYO(S) : Agua Residual

PRODUCTO DECLARADO POR EL CLIENTE : Agua Residual

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Frasco de vidrio estéril de 300 mL (01), Frasco de vidrio ámbar de 1L (01), Frasco de plástico de 1L (01), Frasco de plástico de 500 mL (01), Frasco de plástico de 250 mL (01)

CONDICION DE LA MUESTRA : Cumple con los requisitos de volumen y preservación

INFORMACION DEL MUESTREO

RESPONSABLE DEL MUESTREO : Muestreado por el cliente

LUGAR DE MUESTREO : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque¹

PLAN DE TOMA DE MUESTRA

: No Aplica

INFORMACION DEL LABORATORIO

COTIZACIÓN : N° 98-042021

FECHA/HORA DE RECEPCIÓN : 28/04/2021 08:30:00 a.m.

FECHA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES : 28/04/2021

LUGAR DE EJECUCIÓN : Laboratorio Loayza Murakami SAC

EMISION DEL INFORME

: Trujillo, 10 de Mayo del 2021

AUTORIZA LA EMISIÓN

CARGO : Responsable de la Calidad

NOMBRE : Juan Carlos Colina Venegas

COLEGIATURA : C.B.P 9924

FIRMA :




Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad

Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043

Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratoriosym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 171-052021

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio		168-042021-1
Código de Cliente		
Item de Ensayo		Agua Residual
Fecha de Muestreo		27/04/2021
Hora de Muestreo		11:50:00 a.m.
ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS
Parámetro	Unidad	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100mL	22x10 ⁵
ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS
Parámetro	Unidad	Resultados
pH*	Units pH	7.98
Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	mg/L	59.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**	mg O ₂ /L	229.1
Demanda Química de Oxígeno (DQO)**	mg O ₂ /L	602.7
Aceites y Grasas**	mg HEM/L	10.20

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 171-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

 L&M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	--	--

INFORME DE ENSAYO N° 171-052021

Pág. 3 de 3

INFORMACION DE MÉTODO DE ENSAYO

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA		
MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
NUMERACION DE COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C, E-1; 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.	1.8 NMP/100mL
MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
pH*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ A,B, 23rd Ed. 2017: pH Value. Electrometric Method	- Units pH
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D; 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	2.6 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 nd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	8.3 mg/L
ACEITES Y GRASAS**	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry	1.4 mg HEM/L

Notas:

- + Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- + Prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio Loayza Murakami S.A.C., excepto si se reproduce en su totalidad.
- + Los resultados indicados corresponden a las muestras recibidas y sometidas a ensayos en el laboratorio Loayza Murakami S.A.C.
- + Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- + Las muestras serán eliminadas al término del tiempo máximo de conservación, salvo requerimiento expreso del cliente.
- ‡ Información brindada por el cliente. Los puntos de muestreo específicos son los considerados en el código del cliente.

"Fin del documento"



Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 171-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 177-052021

Pág. 1 de 3

INFORMACION DEL CLIENTE

RAZÓN SOCIAL/USUARIO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin RUC: -
**"EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA
 CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE REQUE
 PROVINCIA DE CHICLAYO"**

DIRECCIÓN : Calle union 192 - Salamanca - Jose Leonardo Ortiz- Chiclayo

CONTACTO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

INFORMACION DE LA MUESTRA

ENSAYOS SOLICITADOS : Microbiológico, Físicoquímico

ITEM(S) DE ENSAYO(S) : Agua Residual

PRODUCTO DECLARADO POR EL CLIENTE : Agua Residual

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Frasco de vidrio estéril de 300 mL (01), Frasco de vidrio ámbar de 1L (01), Frasco de plástico de 1L (01), Frasco de plástico de 500 mL (01), Frasco de plástico de 250 mL (01)

CONDICION DE LA MUESTRA : Cumple con los requisitos de volumen y preservación

INFORMACION DEL MUESTREO

RESPONSABLE DEL MUESTREO : Muestreado por el cliente

LUGAR DE MUESTREO : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque¹

PLAN DE TOMA DE MUESTRA : No Aplica

INFORMACION DEL LABORATORIO

COTIZACIÓN : N° 98-042021

FECHA/HORA DE RECEPCIÓN : 05/05/2021 09:09:00 a.m.

FECHA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES : 05/05/2021

LUGAR DE EJECUCIÓN : Laboratorio Loayza Murakami SAC

EMISION DEL INFORME : Trujillo, 19 de Mayo del 2021

AUTORIZA LA EMISIÓN

CARGO : Responsable de la Calidad

NOMBRE : Juan Carlos Colina Venegas

COLEGIATURA : C.B.P. 9924

FIRMA :




Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043

Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayos Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	---

INFORME DE ENSAYO N° 177-052021

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	175-052021-1	175-052021-2	175-052021-3	
Código de Cliente	N° 1	N° 2	N° 3	
Ítem de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	04/05/2021	04/05/2021	04/05/2021	
Hora de Muestreo	11:30:00 a.m.	11:35:00 a.m.	11:40:00 a.m.	
ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100mL	33x10 ²	35x10 ³	33x10 ³
ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS		
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
pH*	Units pH	8.64	8.41	8.66
Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	mg/L	78.7	91.7	75.3
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**	mg O ₂ /L	86.21	128.9	110.3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)**	mg O ₂ /L	187.2	213.5	203.7
Aceites y Grasas**	mg HEM/L	12.8	22.1	14.9

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
 Versión: 02

Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 177-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

 <p>LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.</p>	<p>LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148</p>
---	--	---

INFORME DE ENSAYO N° 177-052021

Pág. 3 de 3

INFORMACION DE MÉTODO DE ENSAYO

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA		
MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
NUMERACION DE COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C, E-1; 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.	1.8 NMP/100mL
MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
pH*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ AB, 23rd Ed. 2017: pH Value. Electrometric Method	- Units pH
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 AD; 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	2.6 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 nd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	8.3 mg/L
ACEITES Y GRASAS**	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry	1.4 mg HEM/L

Notas:

- + Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- + Prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio Loayza Murakami S.A.C., excepto si se reproduce en su totalidad.
- + Los resultados indicados corresponden a las muestras recibidas y sometidas a ensayos en el laboratorio Loayza Murakami S.A.C.
- + Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- + Las muestras serán eliminadas al término del tiempo máximo de conservación, salvo requerimiento expreso del cliente.
- + Información brindada por el cliente. Los puntos de muestreo específicos son los considerados en el código del cliente.

"Fin del documento"



Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratoriosym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
Versión: 02

Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 177-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 192-052021

Pág. 1 de 3

INFORMACION DEL CLIENTE

RAZÓN SOCIAL/USUARIO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin RUC: -
**"EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHORNIA
 CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE REQUE
 PROVINCIA DE CHICLAYO"**

DIRECCIÓN : Calle union 192 - Salamanca - Jose Leonardo Ortiz- Chiclayo

CONTACTO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

INFORMACION DE LA MUESTRA

ENSAYOS SOLICITADOS : Microbiológico, Físicoquímico

ITEM(S) DE ENSAYO(S) : Agua Residual

PRODUCTO DECLARADO POR EL CLIENTE : Agua Residual

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Frasco de vidrio estéril de 300 mL (04), Frasco de vidrio ámbar de 1L (04), Frasco de plástico de 1L (04), Frasco de plástico de 500 mL (04), Frasco de plástico de 250 mL (04)

CONDICION DE LA MUESTRA : Cumple con los requisitos de volumen y preservación

INFORMACION DEL MUESTREO

RESPONSABLE DEL MUESTREO : Muestreado por el cliente

LUGAR DE MUESTREO : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque¹

PLAN DE TOMA DE MUESTRA : No Aplica

INFORMACION DEL LABORATORIO

COTIZACIÓN : N° 98-042021

FECHA/HORA DE RECEPCIÓN : 12/05/2021 08:12:00 a.m.

FECHA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES : 05/05/2021

LUGAR DE EJECUCIÓN : Laboratorio Loayza Murakami SAC

EMISION DEL INFORME : Trujillo, 26 de Mayo del 2021

AUTORIZA LA EMISIÓN

CARGO : Responsable de la Calidad

NOMBRE : Juan Carlos Colina Venegas

COLEGIATURA : C.B.P. 9924

FIRMA :




Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043

Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayos Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	---

INFORME DE ENSAYO N° 192-052021

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	188-052021-1	175-052021-2	175-052021-3	188-052021-4	
Código de Cliente	N° 1 (Salida de PTAR-REQUE)	N° 2 (Tratam. 14 días Lechuga de Agua)	N° 3 (Tratam. 14 días Jacinto de Agua)	N° 2 (Tratam. 14 días Control)	
Ítem de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	11/05/2021	
Hora de Muestreo	10:00:00 a.m.	10:30:00 a.m.	10:35:00 a.m.	10:40:00 a.m.	
ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS			
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100mL	11x10 ⁵	49	49x10	11x10 ²
ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS			
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
pH*	Units pH	7.99	9.47	8.70	8.98
Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	mg/L	100.0	202.7	80.7	88.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**	mg O ₂ /L	172.60	244.7	126.2	186.9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)**	mg O ₂ /L	314.0	416.3	215.0	324.1
Aceites y Grasas**	mg HEM/L	14.3	16.8	9.3	16.8

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

*** Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriolmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
 Versión: 02

Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 192-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

 <p>LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.</p>	<p>LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148</p>	 <p>INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148</p>
---	--	---

INFORME DE ENSAYO N° 192-052021

Pág. 3 de 3

INFORMACION DE MÉTODO DE ENSAYO

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA		
METODOS MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
NUMERACION DE COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C, E-1; 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.	1.8 NMP/100mL
METODOS FISICOQUÍMICOS		
Parámetro	Norma-Método	Límite de Detección/Cuantificación
pH*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ AB, 23rd Ed. 2017: pH Value. Electrometric Method	- Units pH
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 AD; 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	2.6 mgO ₂ /L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 nd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	8.3 mgO ₂ /L
ACEITES Y GRASAS**	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry	1.4 mg HEM/L

Notas:

- + Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- + Prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio Loayza Murakami S.A.C., excepto si se reproduce en su totalidad.
- + Los resultados indicados corresponden a las muestras recibidas y sometidas a ensayos en el laboratorio Loayza Murakami S.A.C.
- + Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- + Las muestras serán eliminadas al término del tiempo máximo de conservación, salvo requerimiento expreso del cliente.
- + Información brindada por el cliente. Los puntos de muestreo específicos son los considerados en el código del cliente.

"Fin del documento"



Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratoriosym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
Versión: 02

Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 192-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

Anexos 14 Resultado de laboratorio de muestras tomadas el 18/05/2021

 L&M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	--

INFORME DE ENSAYO N° 204-052021

Pág. 1 de 3

INFORMACION DEL CLIENTE

RAZÓN SOCIAL/USUARIO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin RUC: -
**"EVALUACIÓN DEL APORTE DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS PISTIA STRATIOTES Y EICHHORNIA
 CRASSIPES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE REQUE
 PROVINCIA DE CHICLAYO"**

DIRECCIÓN : Calle union 192 - Salamanca - Jose Leonardo Ortiz- Chiclayo

CONTACTO : Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

INFORMACION DE LA MUESTRA

ENSAYOS SOLICITADOS : Microbiológico, Físicoquímico

ITEM(S) DE ENSAYO(S) : Agua Residual

PRODUCTO DECLARADO POR EL CLIENTE : Agua Residual

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Frasco de vidrio estéril de 300 mL (03), Frasco de vidrio ámbar de 1L (03), Frasco de plástico de 1L (03), Frasco de plástico de 500 mL (03), Frasco de plástico de 250 mL (03)

CONDICION DE LA MUESTRA : Cumple con los requisitos de volumen y preservación

INFORMACION DEL MUESTREO

RESPONSABLE DEL MUESTREO : Muestreado por el cliente

LUGAR DE MUESTREO : Distrito Chiclayo, Provincia Chiclayo, Departamento Lambayeque¹

PLAN DE TOMA DE MUESTRA : No Aplica

INFORMACION DEL LABORATORIO

COTIZACIÓN : N° 98-042021

FECHA/HORA DE RECEPCIÓN : 19/05/2021 08:30:00 a.m.

FECHA DE EJECUCION DE ACTIVIDADES : 19/05/2021

LUGAR DE EJECUCIÓN : Laboratorio Loayza Murakami SAC

EMISION DEL INFORME : Trujillo, 27 de Mayo del 2021

AUTORIZA LA EMISIÓN

CARGO : Responsable de la Calidad
NOMBRE : Juan Carlos Colina Venegas
COLEGIATURA : C.B.P. 9924
FIRMA :




Carretera Vía Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043

Email: laboratoriojimm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGCLM F-P-21/01
 Versión: 02
 Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

 L & M LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C.	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayos Acreditado Registro N° LE - 148
--	---	---

INFORME DE ENSAYO N° 204-052021

Pág. 2 de 3

Código de Laboratorio	202-052021-1	202-052021-2	202-052021-3	
Código de Cliente	N° 1 (Tratam. 21 días Lechuga de Agua)	N° 2 (Tratam. 21 días Jacinto de Agua)	N° 3 (Tratam. 21 días Control)	
Ítem de Ensayo	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	18/05/2021	18/05/2021	18/05/2021	
Hora de Muestreo	10:30:00 a.m.	10:35:00 a.m.	10:40:00 a.m.	
ENSAYOS		MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
Coliformes fecales	NMP/100mL	<1.8	79	<1.8
ENSAYOS		FISICOQUÍMICOS		
Parámetro	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados
pH*	Units pH	9.61	9.58	9.98
Sólidos Totales Suspendidos (TSS)	mg/L	286.7	131.1	346.7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**	mg O ₂ /L	234.80	153.4	384.3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)**	mg O ₂ /L	508.2	290.0	675.2
Aceites y Grasas**	mg HEM/L	21.8	10.6	27.4

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, LDM: Límite de Detección del Método, VALOR <LCM ó <LDM significa que la concentración de analito es mínima (trazas)

* Los parámetros están fuera del alcance de acreditación otorgada por el INACAL-DA

** Parámetros terciarizados acreditados ante INACAL-DA

***Parámetros terciarizados y que no son acreditación ante INACAL-DA



Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratorioslym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
 Versión: 02

Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021

N° 204-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

	LABORATORIO LOAYZA MURAKAMI S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO No LE-148	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO N° 204-052021

Pág. 3 de 3

INFORMACION DE MÉTODO DE ENSAYO

ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA		
MÉTODOS MICROBIOLÓGICOS		
Parámetro	Norma-Método	Limite de Detección/Cuantificación
NUMERACION DE COLIFORMES FECALES	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C, E-1; 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Thermotolerant (Fecal) coliform procedure.	1.8 NMP/100mL
MÉTODOS FÍSICOQUÍMICOS		
Parámetro	Norma-Método	Limite de Detección/Cuantificación
pH*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ AB, 23rd Ed. 2017: pH Value. Electrometric Method	- Units pH
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (TSS)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 AD; 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103-105°C	2.5 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22 nd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test	2.6 mgO2/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)**	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 nd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method	8.3 mgO2/L
ACEITES Y GRASAS**	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry	1.4 mg HEM/L

Notas:

- + Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- + Prohibida la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio Loayza Murakami S.A.C., excepto si se reproduce en su totalidad.
- + Los resultados indicados corresponden a las muestras recibidas y sometidas a ensayos en el laboratorio Loayza Murakami S.A.C.
- + Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.
- + Las muestras serán eliminadas al término del tiempo máximo de conservación, salvo requerimiento expreso del cliente.
- + Información brindada por el cliente. Los puntos de muestreo específicos son los considerados en el código del cliente.

"Fin del documento"



Carretera Via Evitamiento N° 7 KM. 577 LT 7 - A3 Piso 3 – Huanchaco-Trujillo-La Libertad
 Celular: 948326553 - Teléfono: 044-250043
 Email: laboratoriojmm@gmail.com - web: www.laboratoriosym.com

Código: SGC L M F-P-21/01
 Versión: 02

N° 204-052021-Delgado Vásquez Jhiamil Stalin

Fecha de entrada en vigencia: 11/01/2021