



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
PETROQUÍMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que subscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

VALORACION DE LA EFICACIA DE TRATAMIENTO CON LEMNA MINOR PARA LA REDUCCION DEL NITROGENO Y FOSFORO DEL AGUA RESIDUAL URBANA EN LA PROVINCIA DE CHINCHA

Presentado por:

GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA

Autor del Proyecto de Tesis del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de **INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA**. El Resultado obtenido es 00% (PORCENTAJE DE SIMILITUD) por lo cual se otorga el calificativo de:

APROBADO, según Reglamento de Evaluación de la Originalidad.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Observaciones:

El porcentaje de similitud es menor del 20%, establecido como máximo por Reglamento de Evaluación de originalidad.

Ica, 27 de febrero de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Dra. ROSA LUZ GALINDO PASACHE
DIRECTORA (G)

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA” ICA

Facultad de Ingeniería
Química



**“Valoración de la Eficacia de Tratamiento con Lemna Minor
para la Reducción del Nitrógeno y Fósforo del Agua Residual
Urbana en la Provincia de Chincha”**

Recursos hídricos, riesgos de
desastres y cambio climático

**Tesis para optar el título de Ingeniero
Químico**

AUTOR: GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA

ASESOR: ING. FELIPE ESTUARDO YARASCA ARCOS

ICA PERÚ
2024

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado para mi madre, quien desde muy niño me enseñó a perseguir mis sueños y que ahora de grande sigue apostando por mí y por mi crecimiento profesional. También a mi abuela quien me apoyo con los consejos y recursos para seguir forjando mi camino, y a mi abuelo que desde arriba me guía y hubiese estado muy feliz de lo que de niño le prometí.

Finalmente brindar mi respeto y admiración por el docente Ing. Baez, quien en sus enseñanzas dejó la afición por el conocimiento, y que cada cosa tiene su razón de ser en el espacio.

AGRADECIMIENTO

Me siento orgullo por haber compartido este recorrido de investigación con personas que pudieron nutrir al estudio e integrar nuevos conocimientos en mi formación.

Desde el inicio de la idea surgida en mi formación universitaria, agradecer a los docentes quien empujaron por generar aptitudes de competencia en mi persona. Reconocer también a mi asesor el Ing. Yarasca, quien inculcó desde los salones una afición por el aprendizaje y el apoyo dispuesto desde el origen de este estudio.

También retribuyo mi gratitud al Ing. José levano, quien me guió con su experiencia en este rubro en todo el recorrido experimental.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN-----	1 - 3
CAPITULO II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA-----	4 - 30
2.1 Área de estudio-----	4 - 6
2.2 Metodología y diseño de investigación-----	6 - 7
2.2.1 Tipo y nivel de investigación-----	6
2.2.2 Diseño del método-----	6 - 7
2.3 Criterios del sistema-----	7 - 12
2.3.1 Dimensionamiento de los estanques-----	9 - 11
2.3.2 Acondicionamiento de la zona-----	11
2.3.3 Recolección de ejemplares de lemna minor-----	11 - 12
2.4 Instalación del sistema-----	12 - 13
2.5 Toma de muestra-----	13 - 30
2.5.1 Análisis de la Muestra-----	17 - 30
2.5.1.1 Evaluación en Campo-----	17 - 24
2.5.1.2 Evaluación en Laboratorio-----	24 - 30
CAPITULO III. RESULTADOS-----	31 - 41
CAPITULO IV. DISCUSIÓN-----	42 - 44
CAPITULO V. CONCLUSIONES-----	45 - 46
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES-----	47 - 48
CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	49 - 50
CAPITULO VIII. ANEXOS-----	51 - 62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de Sistemas aplicados al tratamiento-----	7
Tabla 2. Medición de Ph y temperatura en laguna facultativa -----	20
Tabla 3. Medición promedio de Ph y Temperatura en sistema de tratamiento-----	20
Tabla 4. Medición promedio de Ph y Temperatura en sistema control-----	21
Tabla 5. Requisitos mínimos para ensayos de muestras de aguas-----	25
Tabla 6. Métodos y referencias de ensayo-----	29
Tabla 7. Resultados de muestreo tomado en la laguna facultativa-----	30
Tabla 8. Resultados de las muestras tomadas en el sistema de tratamiento-----	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tratamiento Preliminar de la Laguna Facultativa “San Francisco”-----	5
Figura 2. Laguna Facultativa “San Francisco”-----	5
Figura 3. Salida de la Laguna Facultativa “San Francisco”-----	5
Figura 4. Esquema y dimensiones del estanque-----	10
Figura 5. Acondicionamiento de los ejemplares de Lemna minor-----	12
Figura 6. Punto 1 de muestreo al inicio de la laguna facultativa-----	14
Figura 7: Punto 2 de muestreo a la salida de la laguna facultativa-----	15
Figura 8: Punto 3 de muestreo en sistema de tratamiento-----	16
Figura 9: Primer reconocimiento de campo-----	18
Figura 10: Canaleta Parshall al ingreso de la laguna facultativa-----	19
Figura 11: Salida de la laguna facultativa secundaria-----	19
Figura 12: Estanque con lemna minor delimitado-----	21
Figura 13: Proliferación de la lemna minor en los 10 primeros días-----	22
Figura 14: Rotulación de envases de toma de muestra-----	26
Figura 15: Cadena de custodia de la calidad del Agua-----	27
Figura 16: Variación de ph en el tratamiento-----	33
Figura 17: Variación evolutiva de ph en el tratamiento-----	33
Figura 18: Variación de la Conductividad Eléctrica-----	34
Figura 19: Variación evolutiva de la Conductividad eléctrica-----	34
Figura 20: Variación de Oxígeno disuelto-----	35
Figura 21: Variación evolutiva de Oxígeno disuelto-----	36
Figura 22: Variación de la DBO5-----	36
Figura 23: Variación evolutiva de la DBO5-----	37
Figura 24: Variación del Nitrógeno amoniacal -----	38
Figura 25: Variación evolutiva del Nitrógeno amoniacal-----	38
Figura 26: Variación del Fósforo total-----	39
Figura 27: Variación evolutiva del Fósforo total-----	40

RESUMEN

El uso de plantas acuáticas como tecnología ecoamigable en el tratamiento de aguas residuales está teniendo muchos beneficios en los últimos años, debido a su bajo costo y efectividad. En este estudio se evaluó la influencia del tratamiento con lemna minor en la reducción del nitrógeno y fósforo en el agua residual urbana de la provincia de Chíncha, específicamente en la laguna facultativa "San Francisco".

Determinando así la efectividad de este tratamiento a las condiciones de diseño aplicadas en este estudio.

El diseño experimental aplicado fue comparar dos sistemas en un periodo de 30 días y un tiempo de retención de 10 días. El primer sistema cuenta con ejemplares de lemna minor y el segundo solo tiene el efluente.

Para que sea una buena comparación ambos sistemas tuvieron las mismas condiciones de diseño, la única diferencia era la presencia de la lemna minor, ya que la que solo tiene efluente serviría de patrón o control.

Los sistemas se dieron en unos estanques de vidrio con un soporte y una cobertura cada uno; donde cada 10 días se tomaban muestras y se realizaba la cosecha de la lemna minor, extrayendo ejemplares hasta mantener su estado original delimitado en la superficie.

Las muestras tomadas se llevaron al laboratorio acreditado Analytical Laboratory, quien analizó los parámetros de nitrógeno amoniacal, fósforo total, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH.

Concluyendo que el tratamiento con lemna minor remueve un 99% de nitrógeno amoniacal y un 77% fósforo total a las condiciones de estudio.

Palabra Clave: Plantas acuáticas, Lemna Minor, Laguna Facultativa, Nitrógeno amoniacal y Fosforo total.

ABSTRACT

The use of aquatic plants as an eco-friendly technology in wastewater treatment is having many benefits in recent years, due to its low cost and effectiveness.

This study evaluated the influence of treatment with *lemna minor* in the reduction of nitrogen and phosphorus in urban wastewater in the province of Chinchipe, specifically in the facultative lagoon "San Francisco".

Thus determining the effectiveness of this treatment under the design conditions applied in this study.

The experimental design applied was to compare two systems in a period of 30 days and a retention time of 10 days. The first system has specimens of *lemna minor* and the second has only the effluent.

For a good comparison, both systems had the same design conditions, the only difference being the presence of *lemna minor*, since the one with effluent only would serve as a standard or control.

The systems were in glass ponds with a support and a cover each; where every 10 days samples were taken and the *lemna minor* was harvested, extracting specimens until they maintained their original state delimited on the surface.

The samples taken were taken to the accredited laboratory Analytical Laboratory, which analyzed the parameters of ammoniacal nitrogen, total phosphorus, biochemical oxygen demand, dissolved oxygen, electrical conductivity and pH.

They concluded that the treatment with *lemna minor* removes 99% of ammoniacal nitrogen and 77% of total phosphorus at the study conditions.

Keyword: Aquatic plants, *Lemna Minor*, Facultative lagoon, ammonia nitrogen and total phosphorus

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de ecosistemas acuáticos por nutrientes es uno de los problemas ambientales más extendidos, costosos y complejos que encontramos al tratar un agua residual.

Los principales nutrientes naturales presentes en el ecosistema acuático es el nitrógeno y fósforo, los cuales deben sostener una estabilidad, manteniendo el nivel adecuado de nutrientes en los cuerpos hídricos.

Dentro de los tipos de agua residual, tenemos al agua residual urbana o municipal. Es muy importante tratar adecuadamente el agua residual urbana, siendo una garantía para la conservación del medio ambiente y reduciendo algún peligro para la salud pública.

En el Perú, en la actualidad recién se le está empezando a dar la importancia adecuada para este tipo de efluente, que anteriormente no tenían un tratamiento adecuado. Pero sigue sin contemplar el control del exceso de nutrientes a la salida de las estaciones depuradoras de este tipo de agua residual.

Es propio entender que el exceso de nutrientes al ser liberados sin ningún control, puede causar un impacto negativo al ambiente.

Cuando el nivel de nitrógeno y fósforo excede provoca comúnmente el proceso de eutrofización, favoreciendo al crecimiento descontrolado de los productores o especies acuáticas como las algas, perturbando dramáticamente todo el ecosistema acuático.

A su vez las aguas residuales con altas concentraciones de estos nutrientes si son vertidas al suelo, afecta en su conservación de la misma.

Este desorden de nitrógeno y fósforo traen como consecuencias el deterioro de la calidad del agua, los hábitats y reduce el oxígeno disuelto en el agua, el cual las especies acuáticas presentes necesitan para desarrollarse.

Para contrarrestar este problema ambiental se pueden aplicar distintas tecnologías de tratamiento de agua residual, pero la mayoría de estas opciones suelen ser complejas y muy caras. Como el caso del tratamiento con membranas que dan muy buen resultado, pero es una tecnología costosa.

Esta investigación busca evaluar cómo influye el tratamiento con Lemna Minor en la reducción del Nitrógeno y Fósforo en el agua residual urbana de la Provincia de Chincha.

Considerando que el sistema de tratamiento con plantas acuáticas se está convirtiendo y

potenciando como una tecnología alterna ecológica factible. Dónde para nuestro estudio se seleccionó la planta de agua lemna minor, el cual su función principal de esta macrofitas flotante es de absorber el nitrógeno y fósforo que se encuentre presente en el cuerpo hídrico receptor mediante sus raíces.

La investigación tiene como objetivo único determinar si al tratar el agua residual urbana de la provincia de chincha con la planta lemna minor tiene la capacidad de remover el nitrógeno y fósforo presente. Considerando las condiciones de diseño aplicadas.

Este estudio nos brinda una posible alternativa de una nueva tecnología blanda o ecológica, que sirva para la reutilización adecuada del agua.

Se empezó con el reconocimiento de campo del área de estudio, seleccionado el efluente de la laguna facultativa “San Francisco”, ubicado en la provincia de chincha. Donde se realizaron las diferentes tomas de muestras para el tratamiento.

Es importante contemplar las características de zona del punto de origen de nuestro estudio, ya que nos da una idea de las características del efluente a tratar. A parte de ello determinar puntos de muestreo, evaluar el acceso para las tomas de muestras y fijar un equipo de protección personal adecuado.

Se tomaron muestras en la entrada y salida de la laguna facultativa, siendo el flujo de salida la base de inicio de nuestro tratamiento.

El tratamiento cuenta con dos sistemas, el primero contiene ejemplares de lemna minor y el segundo solo el efluente, siendo un control comparativo.

Ambos sistemas cuentan con las mismas condiciones de diseño y el mismo monitoreo de ph y temperatura.

Se definió un tiempo de retención de la lemna minor de 10 días en evaluación de estudio de 1 mes. Donde cada 10 días de periodo, se retirará cierta cantidad de ejemplares de lemna minor y se tomarán muestras en estos rangos de tiempo para llevar una estimación de la eficiencia del tratamiento.

El sistema con lemna minor, se llenó un 50% de la superficie del estanque con ejemplares de esta planta, siendo este nuestro punto de partida de proliferación de la misma. Con este inicio de lecho de lemna minor se podrá observar su comportamiento en el tiempo de retención.

En los diferentes puntos de muestreos, ya sea por lugar o tiempo, se llegaron analizar los mismos parámetros, los cuales fueron el: Nitrógeno amoniacal, Fosforo total, Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad eléctrica.

Estos parámetros fueron llevados analizar a un laboratorio externo, se buscó que sea uno acreditado como es el laboratorio “ALAB”, reconocido por efectuar ensayos con resultados fiables en el mundo del tratamiento del agua.

Las tomas de muestra se dieron en recipientes proporcionados por el laboratorio, así mismo con

los preservantes y equipos de conservación. Todos los envases fueron rotulados para su identificación y también tener el registro de muestreo.

Después del tiempo de investigación se logró concluir que el tratamiento con lemna minor a las condiciones de estudio, tiene la capacidad de remover el nitrógeno y fósforo del efluente de la laguna “San Francisco”.

La remoción de nitrógeno fue de 99% y la de fosforo fue de 77%, esto se dio en un tiempo de 30 días. Donde cada 10 días iba aumentando su porcentaje de remoción.

Comparando con los resultados del sistema control, en el nitrógeno se removió un 99.4% y en el fósforo un 71%, teniendo una diferencia mínima con respecto al sistema con lemna minor.

El beneficio resaltante es que el sistema con lemna minor oxigena el agua residual, mientras que el sistema control disminuye la oxigenación, siendo esto perjudicial para las especies que se encuentren en el agua, y también para los procesos bioquímicos que se puedan dar.

Concluyendo con la efectividad del tratamiento con lemna minor para la remoción de nitrógeno y fósforo en agua residual urbana de la provincia de chincha.

Donde se recomienda como una alternativa para su aplicación, y también para una ampliación de este estudio. En el cual podemos cambiar variables de estudio, reestructurar el sistema de diseño a uno continuo, amplificar la gama de parámetros analizar, como también realizar pruebas más a detalle de la absorción de la lemna minor (comportamiento de la biomasa).

II. ESTRATEGIA METODOLOGICA

2.1 Área de estudio

El presente estudio dispone del agua residual de una de las distintas estaciones depuradoras que se encuentran ubicadas en la provincia de chincha, distribuidas estratégicamente en 5 distritos para contrarrestar la contaminación hídrica.

Las distintas estaciones depuradoras de agua residual tienen el mismo concepto operacional e igual procesos de aplicación.

El agua residual urbana o municipal que se usó para la muestra, son de la estación depuradora de aguas residuales “SAN FRANCISCO” ubicado en el distrito de Sunampe, provincia de chincha, esta depuradora de aguas residuales (EDAR) corresponde a la empresa de servicio municipal de agua potable y alcantarillado EPS SEMAPACH S.A.

La estación depuradora de aguas residuales urbana se encuentra situada en la región Ica, provincia de chincha y distrito de Sunampe, en las coordenadas UTM 373394.53 norte, 8513788.97 este.

Esta EDAR cuenta con un tratamiento preliminar de cribado, son rejillas con varillas de fierro orientadas verticalmente y con un ángulo de inclinación. De acuerdo a Noyola et al., (2013) la función principal que cumple es retener los sólidos de gran y mediano volumen impidiendo que estos pasen al siguiente proceso provocando interferencias y problemas operacionales.

Posteriormente el efluente por medio de un sistema de conducción hidráulica como son los canales abiertos, traslada el agua residual hasta el tratamiento secundario, cuyo proceso biológico es de lagos facultativos en serie.

Actualmente se dispone con 2 lagunas facultativas recubiertas de arcilla y con dimensiones de 58 m de largo, 40 m de ancho y 2.5 m de profundidad. Al término de cada laguna cuenta con un punto de monitoreo de efluente donde se pueden tomar muestras puntuales.

Para López (2018) la laguna facultativa consta de 2 sectores, donde la parte superior opera de manera aeróbica y la parte inferior anaeróbica. En la sección aeróbica se produce una simbiosis

entre bacterias y algas; las bacterias aeróbicas mediante su metabolismo y el oxígeno suministran a las algas por medio de la actividad fotosintética. Mientras la sección inferior anaeróbica degrada biológicamente los sólidos sedimentables.

Figura 1. Tratamiento Preliminar de la Laguna Facultativa “San Francisco”



Nota. El proceso de cribado es un tratamiento Físico. Elaboración Propia.

Figura 2. Laguna Facultativa “San Francisco”



Nota. Consta de 2 Lagunas Facultativas en Serie. Elaboración Propia

Figura 3. Salida de la Laguna Facultativa “San Francisco”



Nota. Efluente de la Laguna Facultativa. Elaboración Propia

Conocer el clima del área de estudio también es muy importante, ya que es una variable que interviene a efecto del tratamiento a plantear (luz y temperatura).

Según el sitio web Weather Spark (2023) quien brinda detalles completa de la información meteorológica y del clima típico de cualquier lugar específico; para la provincia chincha la temperatura varía entre 19°C a 28°C en temporada de verano. Raras veces suelen estar por debajo de los 17°C o por encima de los 30°C; cuando llega a pasar estos casos su rango de variación fluctúan en los 3°C.

2.2 Metodología y diseño de investigación

2.2.1 Tipo y nivel de investigación

De acuerdo al fin que se busca lograr en este estudio mediante los resultados analíticos obtenidos empleando el tratamiento con lemna minor para la reducción del nitrógeno y fósforo del agua residual urbana de Chincha, servirá para facultar la sugerencia del manejo de esta tecnología como tratamiento terciario factible en la zona; en consecuencia, será una investigación aplicada y de carácter cuantitativo.

Donde el carácter de medida se sostiene en las cantidades valorables del estudio, como los resultados numéricos de la muestra obtenidos en el laboratorio, antes y después del tratamiento, que posteriormente será una herramienta clave para el procesamiento de los datos y así obtener una conclusión final.

El nivel de Investigación será explicativo; ya que el interés principal de la investigación es determinar si el tratamiento con Lemna Minor reduce el Nitrógeno y Fósforo presente en el agua residual urbana de la provincia de Chincha, estableciendo así el efecto del tratamiento que tiene sobre este cuerpo contaminado.

2.2.2 Diseño del método

El diseño del método es experimental, porque se establece una relación de causa y efecto.

Donde evaluaremos el efecto que tiene la eficiencia al aplicar el tratamiento con lemna minor para la reducción del nitrógeno y fósforo en el agua residual urbana de la provincia de Chincha. Los análisis fisicoquímicos de concentración de Nitrógeno y Fósforo se realizarán pre y post tratamiento para así determinar el rendimiento de reducción de las concentraciones de estos nutrientes. Como también se tendrá una muestra patrón en el sistema para una evaluación comparativa, y se aplicará la misma metodología de análisis.

Tabla 1.

Número de Sistemas aplicados al tratamiento

N ° de Sistemas	Tipo de Tratamiento
S1	Estanque con Lemna minor
S2	Estanque sin planta acuática (control)

El esquema es el siguiente:

GE O1 X O2
GC O3 O4

Donde:

GE: Efluente de la laguna facultativa que será sometido al tratamiento

GC: Efluente de la laguna facultativa que servirá de control

O1: Análisis previo al tratamiento

O3: Análisis previo sin tratamiento

X: Tratamiento con Lemna Minor

O2: Análisis posterior al tratamiento

O4: Análisis posterior sin tratamiento

2.3 Criterios del sistema

Para este estudio se va aplicar el tipo de sistema de tratamiento con plantas acuáticas flotantes, en las diversas investigaciones que se han realizado aplican frecuentemente dos tipos de sistema donde emplean el Jacinto de Agua o la Lemna Minor.

Este sistema es considerado dentro de la secuencia operativa como un tratamiento terciario y bien visto como una tecnología verde.

Se debe tener en cuenta que este tratamiento no se aplica a todo tipo de agua residual, en su mayoría solo se adapta a aguas residuales municipales y domésticas. Estas excepciones se adecuan debido a las características físicas, químicas y biológicas del agua residual.

Las aguas residuales municipales suelen tener características similares a las domésticas, ya que también su efluente es proveniente de hogares, departamentos, lavanderías y escuelas, pero también por efluentes generados de establecimientos comerciales e industriales.

Es muy importante tener identificado el tipo de agua residual a tratar, ya que depende de la efectividad de la tecnología a emplear.

Para Romero (1999) en el tratamiento de las aguas residuales municipales el factor de mayor valor es el efluente industrial; se debe tener mucha consideración y supervisión tanto la concentración de sus contaminantes, como el caudal vertido a los alcantarillados.

Algunas entidades de alcantarillado municipal realizan regulaciones en la norma individualmente para cada descarga de agua residual industrial.

Esta regulación ayuda mucho para llevar un control del vertido industrial, y un cuidado al sistema alcantarillado y la estación depuradora municipal.

Es por ello que se debe evaluar muy bien qué tipo de industrias son las que vierten su efluente. Para este caso en la estación depuradora municipal “San Francisco”, las industrias que vierten su agua residual son del sector Vitivinícolas, agropecuario, centros comerciales, establecimientos de consumo alimenticio, entre otras pequeñas industrias que no ponen en riesgo la eficiencia del tratamiento.

Luego de identificar el tipo de agua residual a tratar, se evalúa los criterios a considerar para un sistema de tratamiento con plantas acuáticas.

Para un diseño aplicado a la escala de la estación depuradora “San Francisco”, se debe tomar en cuenta 3 factores relevantes como son: las características del suelo, el estudio topográfico y las condiciones climáticas de la zona.

Para Metcalf y Eddy (1996) la topografía debe ser horizontal y uniforme con una ligera inclinación, el suelo apropiado sería los superficiales con una permeabilidad lenta para evitar pérdida de agua por percolación; y el clima va depender mucho del tipo de planta acuática a utilizar, ya que si consideramos aplicar el jacinto de agua tendríamos problemas con las temperaturas frías dado que es muy sensible, en cambio la lenteja de agua se adecua a las variaciones climáticas.

El diseño considerado para el efluente de la estación depuradora municipal “San Francisco”, es un prototipo a escala laboratorio, donde va simular un humedal artificial. Para este caso un estanque de vidrio será la representación del humedal, en donde cumple a cierto modo con los 3 factores mencionado, ya que el estanque tiene un fondo horizontal y plano, donde no hay pérdida de agua, y al ser un componente de vidrio transparente el calor se transmite por conducción y radiación.

La planta acuática aplicada para el estudio es la Lemna Minor, ya que cuenta con una facilidad de proliferación al contacto con nutrientes como los compuestos nitrogenados y fosfatos.

También se adapta a los cambios climáticos y a las variaciones de Ph.

Según Arroyave (2004) la lemna minor para ser usada como tratamiento en las aguas residuales cubre con los requisitos que se requiere para ser un sistema competente. Requisitos como: alta productividad, remoción eficaz de nutrientes y agentes contaminantes, no es afectados por

situaciones naturales desfavorables y tiene una cosecha accesible y simple. Siendo considerado por esto, un notable sistema depurador de aguas contaminadas.

Conociendo el agente depurador aplicado al sistema, instalaremos 2 estanques de vidrio paralelamente ubicados; los cuales se van aproximar a dos reactores pistón.

Según Coronel (2016) citando a Coral (2002) para que estos estanques puedan imitar a reactores de flujo pistón, se establece una relación de 10:1(largo: ancho); teniendo mayor disposición a lo largo que ancho. Pero esta relación dispuesta es aplicada mayormente a sistemas de grandes escalas.

Es por eso que García (2012) en estudios realizados determina una nueva relación de 2,7:1 (largo: ancho) para sistema pilotos. Casi 3 veces la extensión a lo largo que ancho, aun manteniendo una diferencia de medida entre estas dimensiones como en el caso inicial de mayor escala.

Esta última contribución de relación entre largo y ancho nos servirá de mucho para poder dimensionar el estanque de vidrio.

La altura de los estanques será de 30 cm, determinado dicha medida base a estudios precedentes realizados con resultados favorables, donde también aplican efluentes de aguas residuales municipales. Cabe resaltar que para García (2012) la lemna minor puede convertir el medio aeróbico en anaeróbico hasta 10 cm de bajo de la superficie donde se encuentre.

El volumen de los estanques que usaremos tendrá una capacidad de 0.04 m³ de acopio, donde el dimensionamiento tendrá que cumplir con la relación de largo y ancho para sistema pilotos.

La cantidad volumétrica de efluente para el tratamiento se va relacionar con la altura del mismo. Según Quispe y Ayala (2019) la altura que debe ocupar el agua residual en el sistema de tratamiento tiene que ser el 85% de la altura total del estanque, ya que necesitan espacio para su oxigenación.

Dato considerado en aplicar para este estudio, ya que muchos autores que han tenido resultados exitosos en sus investigaciones han aplicado el mismo cálculo y otros muy similares. Como para García (2012) que aplicó en su experimento en un sistema discontinuo, el 87.5% de su altura total de los reactores de vidrio.

2.3.1 Dimensionamiento de los estanques

Se fabricarán 2 estanques de vidrio transparentes con un espesor de 6 mm, donde contendrá el agua residual tomado de la estación depuradora “San Francisco”. Estos estanques estarán dimensionados con un ancho de 22.2 cm, 30 cm de alto y 60 cm de largo; con una capacidad de 40 Litros de almacenamiento.

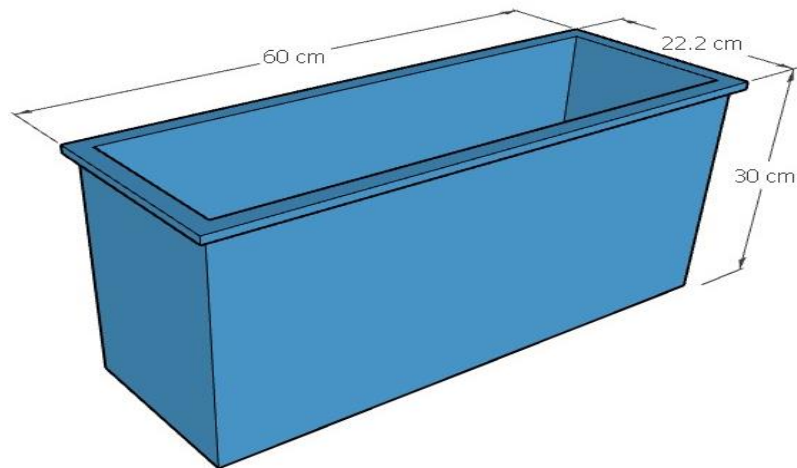
Se instalarán sobre un banquillo estable y plano que impida el contacto con el suelo, debido al tipo de material que estamos usando para los estanques y la interferencia que pueda tener con la

temperatura del suelo. De acuerdo a Castillo (2017) la altura de estos banquillos debe estar entre 10 a 50 cm sobre el nivel del suelo. Para este caso usaremos una altura de 30cm.

Los estanques estarán separados y ubicado en paralelo a una distancia de 0.30 m, se delimitó el área de trabajo en $2 \times 1 \text{ m}^2$, para el desplazamiento en las tomas de muestras y el monitoreo diario, como también al aplicar los ejemplares de leña minor por toda la superficie del estanque.

El sistema de tratamiento que se aplica es de tipo batch o por lotes, donde para los estanques la vía de flujo de ingreso es la misma para la de salida.

Figura 4. Esquema y dimensiones del estanque



Cálculos de dimensionamiento:

Datos

$$H = 30 \text{ cm}$$

$$V = 40 \text{ L} = 40000 \text{ cm}^3$$

$$R: \frac{L}{A} = \frac{2.7}{1}$$

$$V = H * A * L$$

$$V = 30 \text{ cm} * A * 2.7 \text{ A}$$

$$40000 \text{ cm}^3 = 30 \text{ cm} * A * 2.7 \text{ A}$$

$$1333.33 \text{ cm} = 2.7 A * A$$

$$A = 22.2 \text{ cm}$$

$$L = 60 \text{ cm}$$

2.3.2 Acondicionamiento de la zona

El lugar donde se lleva a cabo el experimento es un ambiente abierto, con amplia exposición a la luz; con predisposición directa a los cambios ambientales y sus factores tales como temperatura, humedad relativa del aire y la velocidad del viento. Son variables que no controlamos.

Se busca que las condiciones ambientales que se somete el sistema de tratamiento sea lo más acorde con la realidad que afronta un humedal depurador de aguas residuales, sin embargo, se contempla la idea de evitar cualquier efecto que perjudique el desarrollo del experimento.

La zona donde se aplica el sistema de tratamiento está delimitado y despejada, ya que nos facilita desplazarnos por el área para realizar los monitoreos correspondientes y las tomas de muestras para los análisis en laboratorio.

Los estanques están cubiertos con mallas para evitar el contacto de otras especies con el sistema y también prevenir que por acción del viento tengamos perdida de ejemplares de lemna minor, ya que no son tan densas.

El tipo de malla que usaremos es raschel con medidas de 90 cm de largo y 60cm de ancho, siendo de color gris claro para no alterar en la transferencia de calor por radiación y permitir el paso de la luz con facilidad obteniendo óptimos resultados.

Esta atención que se está tomando es para impedir que el sistema sea alterado por efectos externos, y en consecuencia dar resultados erróneos.

2.3.3 Recolección de ejemplares de lemna minor

Para Arroyave (2004) la lenteja de agua, es una macrofita flotantes que pertenece a la familia lemnaceae; no se encuentra diferencia entre su tallo y sus hojas, considerando su cuerpo de forma taloide. Es de color verde y mantiene una estructura plana con una fina y única raíz, que es de color blanco.

Según Romero (1999) esta planta es muy pequeña generalmente sostiene una longitud menor a 10 mm, y se empieza a multiplicar en el agua, formando así una capa en la superficie impidiendo el paso de la luz solar.

De acuerdo con Arroyave (2004) la planta se puede desarrollar a temperaturas que se encuentren en el rango de 5 a 30°C, teniendo mejores resultados en su crecimiento a temperaturas de 15 a

18°C. Además soporta los cambios de Ph, incrementándose de manera más efectiva a un Ph entre 4,5 y 7,5 siendo óptimo entre 6.5 y 7.5 un Ph neutro.

Tiene la facilidad de adaptarse a cualquier condición de iluminación, no necesariamente surge efecto a luz solar; la iluminación aplicada tiene que ser media a alta y con un mínimo de 8h de exposición para un crecimiento prolífero.

Los ejemplares de Lemna minor aplicados en el tratamiento son previamente seleccionados y acondicionados para aumentar las probabilidades de efectividad de remoción.

Para Quispe y Ayala (2019) citando a Lucero (2009), considera que la selección de ejemplares de Lemna minor es de vital importancia para una mayor absorción, por lo cual se va optar por las plantas más jóvenes, que son fáciles de reconocer por obtener un color más verdusco y fresco que las demás.

Antes de aplicar estas plantas al tratamiento serán lavadas con agua corriente y climatizadas por un periodo de tiempo no muy corto para la efectividad del proceso, en este caso se acondicionó en un periodo de 5 días.

Figura 5. Acondicionamiento de los ejemplares de Lemna minor



Nota: Elaboración Propia

2.4 Instalación del sistema

Se dispone de 2 estanques de vidrio paralelamente ubicados, que contienen agua residual municipal de la laguna facultativa "San Francisco". Estos estanques tienen una dimensión de 22.2 cm de ancho, 30 cm de alto y 60 cm de largo; capacidad para 40 litros.

Los estanques están posados en unos banquillos de soporte a una altura de 30 cm sobre el nivel del suelo y cubiertos con una malla, para evitar el ingreso de especies externas y la pérdida de ejemplares por la acción del viento.

El agua residual se trasladó desde la EDAR hasta la zona donde se llevará a cabo el sistema de tratamiento, el medio donde se condujo el agua residual es un envase cilíndrico plástico de 180 L de acopio, previamente desinfectado y enjuagado con el mismo efluente 3 veces antes de obtener la muestra que es aplicada al sistema de tratamiento.

Al tener los estanques ubicados en la zona delimitada del área donde se efectúa el sistema, se vierte el agua residual en cada estanque cubriendo el llenado hasta un 85% de la altura dimensionada.

Solo en uno de los dos sistemas se llevará a cabo el tratamiento, el otro estanque se tomará como un sistema control. El sistema donde se aplicará el tratamiento con Lemna minor será cubierto el 50% de la superficie con ejemplares de esta macrofitas.

Según Coronel (2016) citando a García (2012) la siembra de macrofitas en un sistema de tratamiento como este, debe de cubrir la mitad de la superficie del estanque.

La Lemna Minor será cosechada cada 10 días del estanque de tratamiento, mismo tiempo de retención hidráulica (TRH). Para Sierra *et. al* (2016) nota que al día 10 la cantidad de Lemna Minor aumenta más de 3 veces su estado inicial, y que al pasar 20 días aumenta más de 20 veces. Teniendo en cuenta que a partir del día 15 la tasa de crecimiento relativa empieza a decaer, y que al cuarto día la macrofitas culmina con su etapa de adaptación y empieza la fase de crecimiento.

Para esta investigación se toma en consideración este análisis ya que, en su experimento para determinar estas conclusiones, fueron a partir de efluentes provenientes de una laguna de oxidación, donde se trató agua residual doméstica. Indicando este tipo de agua residual una caracterización similar a la de un agua residual Urbana o municipal.

2.5 Toma de muestra

Para la toma de muestra el primer criterio que se tuvo fue el horario de muestreo, ya que es clave para el desarrollo del estudio.

Inicialmente se debe tomar la muestra que se va aplicar en el tratamiento, en un horario donde la carga orgánica sea alta al igual que los niveles de Nutrientes, ya que la proliferación de la Lenteja de Agua sería mayor, y así podríamos apreciar con mayor claridad en todo el estudio el porcentaje que reduce de Nitrógeno y Fosforo.

Según García (2012) las tomas de muestras se deben hacer en las horas donde hay cambios de radiación, ya que ahí se da la actividad fotosintética en el agua a tratar. Estas horas críticas deben ser en los picos de carga orgánica donde se ve relacionado con el parámetro de la DQO.

En el análisis que realizó toma las sucesivas horas: 9:00, 12:00 y 16:00 horas; en este caso se concluyó por la 9 de la mañana, por las altas concentraciones de DQO.

El segundo factor que hace que el horario de muestreo sea crucial, es la temperatura. Para García (2012) la temperatura es fundamental ya que actúa en todo el proceso biológico y fisiológico que se dan en el tratamiento de Aguas residuales domésticas. Es un parámetro que se puede manejar adecuando la energía luminosa a nuestras condiciones.

Para este estudio se buscó ejecutar el tratamiento en la estación más calurosa del año, entre enero y febrero, donde la radiación solar es más intensa. Y el horario para la toma de muestra fue 10 am, establecido en base a los antecedentes de nivel de DQO y considerando el criterio que en este horario frecuentemente el caudal y carga orgánica es más alto por la actividad domiciliaria.

Teniendo definido el horario de la toma de muestra, se especifica los puntos de muestreo que se van a efectuar en el estudio y comprendiendo que el tipo de muestreo es puntual.

Punto 1: El primer punto que se va muestrear es a la entrada de la laguna facultativa “San Francisco”; exactamente post tratamiento preliminar, con las coordenadas N:8513786 UTM y E:18L0373387 UTM.

Se tomó en cuenta en realizar este punto de muestreo para descartar la sospecha que la laguna facultativa esté generando altos niveles de concentraciones de nutrientes, ya que actualmente tiene deficiencia en el mantenimiento operativo y el diseño del sistema está por reestructurar.

Figura 6: Punto 1 de muestreo al inicio de la laguna facultativa



Nota: Elaboración Propia

Punto 2: El segundo punto a muestrear es a la salida de la laguna Facultativa “San Francisco”, con las coordenadas N: 8513625 UTM y E: 18L0373365 UTM.

Para la toma de muestra de este punto se observó que a la salida de la laguna facultativa viaja por un canal hasta un cuerpo receptor hídrico, en este caso al mar. Sin embargo, no todo el flujo llega a ese cuerpo receptor, si no que se va perdiendo en la vía siendo usado para el regadío de cultivo.

Figura 7: Punto 2 de muestreo a la salida de la laguna facultativa



Nota: Elaboración Propia

Punto 3: El tercer punto de muestreo se hará en el área establecida para aplicar el tratamiento experimental, con las coordenadas N: 8516442 UTM y E: 18L0375952 UTM.

Este punto de muestreo se subdivide en 2, ya que se realiza la toma de muestra en el sistema control y en el sistema con tratamiento; pero estando en la misma zona delimitada para el estudio.

Figura 8: Punto 3 de muestreo en sistema de tratamiento



Nota: Elaboración Propia

La disparidad en la caracterización del efluente del punto 3 y el punto 2 al inicio del muestreo no deben diferir mucho, ya que viene hacer el mismo efluente. El del punto 2 tomado en campo y el del punto 3 tomado desde los estanques como punto de inicio para el experimento.

El traslado del efluente de la laguna “San Francisco” hasta el área de trabajo, fue un desplazamiento que se tomó muy en consideración en no variar las condiciones fisicoquímicas ni biológicas del efluente de salida de la laguna.

Donde el efluente tomado fue del mismo punto 2 y vertido a un cilindro de acopio de 180 L, el cual solo se llenó 120 L del efluente. Volumen estimado para efecto del sistema de tratamiento. Uno de los criterios que se tomó para el traslado, fue que el cilindro sea enjuagado con el efluente por todo su interior para evitar alguna contaminación en la muestra. Posteriormente se previno generar oxigenación por medio de burbujas en el llenado, y en el recorrido hasta el área de trabajo se mantuvo el cilindro con la tapa abierta para impedir que se forme una zona anaeróbica, alterando la caracterización del efluente.

Para la toma de muestras en los 3 puntos se tuvo en cuenta un protocolo de monitoreo, donde considera que se debe tener la ubicación o punto georreferencial del muestreo, establecer los parámetros a medir, contar con una estación de muestreo específica, tener accesibilidad para la toma de muestra, como también un nivel de seguridad e indumentaria adecuada y equipos estrictamente calibrados.

Las muestras que se realizaron fueron simples o también llamadas muestra puntual, tomando la temperatura y Ph en cada inicio de la toma, documentándola en un registro de control.

Asimismo, se llevó el monitoreo de la temperatura y Ph como control diario, desde el inicio hasta el fin del estudio. El horario establecido para este monitoreo fue de las 14:00 a 15:00 pm, donde el cambio de radiación es más intenso en esta estación. Se decidió llevar este monitoreo para evaluar el comportamiento del ph del agua residual en función de la temperatura. La recolecta de la muestra fue en envases de plástico para todos los parámetros fisicoquímicos; donde cada envase estaba rotulado e identificado con el parámetro a analizar. Los parámetros muestreados fueron DBO5, Nitrógeno amoniacal, fósforo total, y como parámetros de campo el oxígeno disuelto, conductividad y ph. Todas las muestras recolectadas fueron acondicionadas para su conservación y posteriormente trasladado hacia el laboratorio ALAB “ANALYTICAL LABORATORY” E.I.R.L., ubicado en la ciudad de Lima. El laboratorio de ensayo fue seleccionado debido a la confiabilidad que brinda en sus resultados por la certificación de INACAL (Instituto Nacional de la Calidad). A partir de la primera toma de muestra del sistema de tratamiento, se tuvo un tiempo de retención hidráulica de 10 días, replicándose durante el periodo de un mes.

2.5.1 Análisis de la Muestra

El análisis de la muestra para la valoración de la eficiencia del tratamiento se realizó en el laboratorio ALAB “ANALYTICAL LABORATORY” E.I.R.L., y el comportamiento del sistema fue monitoreado en campo.

El control del sistema no solo se llevó de forma cuantitativa sino cualitativa, percibiendo cada cambio físico en la muestra y en el medio absorbente (Lenteja de Agua).

2.5.1.1 Evaluación en Campo

Para el arranque del estudio se determinó y reconoció la laguna facultativa de la estación depuradora de agua residual “San Francisco”. Esto se llevó acabado mediante un conversatorio con el líder de operaciones de la EDAR en chincha, el cual respondió interrogantes planteadas para la base de la exploración del campo.

Dentro de las diferentes EDAR que se tiene en la provincia de chincha, se optó por la EDAR “San Francisco” debido a que es la más cerca al área destinada para el sistema de tratamiento. Teniendo definido la EDAR, se realizó 2 visitas de reconocimiento de campo. La primera fue en compañía del asesor con un especialista en el tema y la segunda visita fue con un operario designado por la entidad prestadora de servicio SEMAPCH.

Ambas visitas nos mostraron dos aspectos diferentes de la zona, con variaciones de caudal de entrada a la EDAR entre aproximado 25 a 35 L/s.

En la primera visita se observó lodo suspendido en la superficie de la laguna Primaria y en la segunda visita se notó lo mismo, además de un desborde del agua residual al ingreso y salida de la laguna primaria.

Figura 9: Primer reconocimiento de campo



Nota: Elaboración Propia

El reconocimiento en campo de la laguna “San Francisco” sirvió de mucho para tener referenciado los puntos de muestreo, la accesibilidad a la zona, y el comportamiento de la laguna que nos podríamos enfrentar en las tomas de muestras.

En la toma de muestra de campo de la laguna facultativa se presencié también lodos suspendidos en la laguna primaria, pero no había desborde como en los anteriores casos y el caudal de ingreso fue de 30 L/s. Este caudal es tomado mediante un medidor volumétrico hidráulico llamado Canaleta Parshall, diseñado a la salida del tratamiento preliminar.

Figura 10: Canaleta Parshall al ingreso de la laguna facultativa



Nota: Elaboración Propia

En la salida de la laguna secundaria se observó bastante burbujeo y el caudal marcado fue de 7 L/s, en este caso fue medido por un vertedero rectangular, usualmente aplicado para canales abiertos.

Donde también fue uno de los puntos de muestreos en campo, y se tuvo el cuidado en la toma de muestra por la caída del flujo que produce la oxigenación, alterando las características fisicoquímicas de la muestra.

Figura 11: Salida de la laguna facultativa secundaria



Nota: Elaboración Propia

La evaluación en campo se hizo tanto en la laguna facultativa como en el área establecida para el sistema de tratamiento.

En ambas zonas se usó un multiparámetro, con medición de Ph y Temperatura. Un equipo de fácil uso y calibración. Lo cual sirvió de mucho para tener monitoreado el comportamiento de los sistemas en ph y temperatura.

El equipo digital aplicado para el estudio fue un multiparámetro Waterproof Tri-Meter cuenta con ATC y es de simple manejo por sus dimensiones 18 mm largo, 35mm ancho y 98 gr de peso; el equipo proviene de la empresa china de comercio electrónico Gain Express.

La medición de ph y temperatura en la laguna facultativa, se realizó al ingreso y salida del efluente; se vertió agua residual en un recipiente de 1000 ml y se procedió a tomar las medidas. Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla2:

Medición de Ph y temperatura en laguna facultativa

PUNTO DE MUESTREO	T°C	Ph
INGRESO DE LAGUNA (AFLUENTE)	28.00	7.18
SALIDA DE LAGUNA (EFLUENTE)	29.80	6.82

Para el caso del monitoreo de ph y temperatura en el sistema de tratamiento, las mediciones se hicieron dentro de cada estanque, no se usó algún recipiente de apoyo para la toma de muestras. El horario de monitoreo en los estanques fue de 14:00 pm a 15:00pm, obteniendo los siguientes resultados promedios.

Tabla 3.

Medición promedio de Ph y Temperatura en sistema de tratamiento

SISTEMA LEMNA MINOR		
RANGO DE FECHAS	T°C	Ph
22-Ene 2023 a 01-Feb 2023	31.8	8.44
01-Feb 2023 a 10 -Feb 2023	32.1	9.45
10-Feb 2023 a 20-Feb 2023	31.3	9.50

Tabla 4.

Medición promedio de Ph y Temperatura en sistema control

SISTEMA CONTROL		
RANGO DE FECHAS	T°C	Ph
22-Ene 2023 a 01-Feb 2023	32.1	8.83
01-Feb 2023 a 10 -Feb 2023	33.9	10.56
10-Feb 2023 a 20-Feb 2023	31.9	10.48

Este recipiente de plástico sirvió de soporte para tomar las muestras de Conductividad, Oxígeno disuelto, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo total y DBO5. Previamente el recipiente fue desinfectado y enjuagado con el afluente.

Otro equipo aplicado en campo fue un GPS, fundamental en los procedimientos de campo ya que cada punto de muestreo tiene que ser localizado y registrado con sus coordenadas exactas de sitio. Este equipo es un GPSMAP® 62sc de la marca GARMIN con alta sensibilidad y predicción por satélite.

Para evaluar el crecimiento en campo de la lemna minor se delimitó el 50% de la superficie del estanque con una cuerda delgada en todo el ancho, esto es debido a que se inició el tratamiento disponiendo la mitad del área del estanque con ejemplares de lemna minor.

Esto nos ayuda a determinar de forma cualitativa la proliferación de la lemna minor en el transcurso de los días, siendo más específico en los 10 días de retención hidráulica.

Figura 12: Estanque con lemna minor delimitado

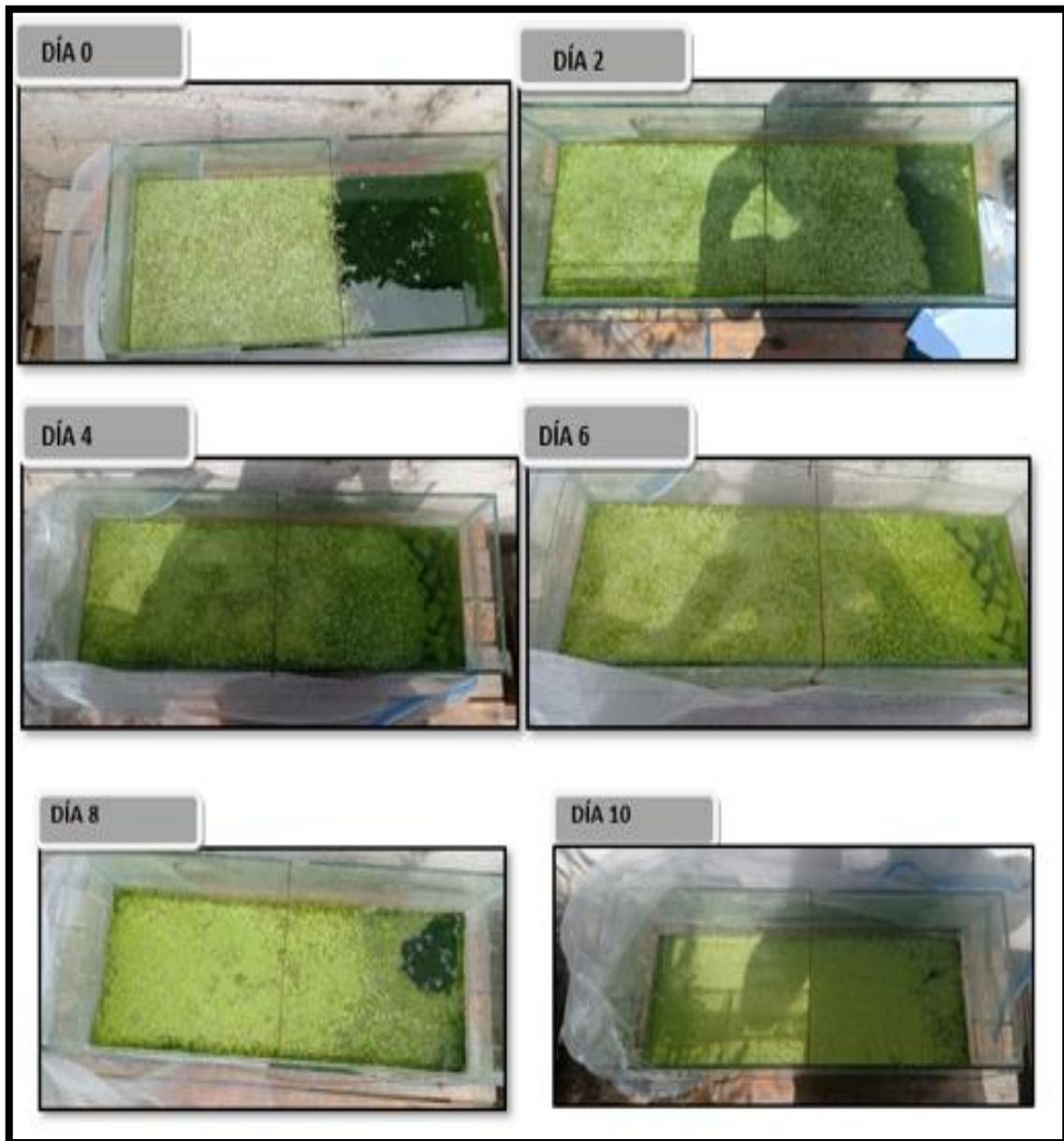


Nota: Elaboración Propia

El aumento de la lemna minor en el paso de los días de retención fue muy alto, se observó que a los 2 días de retención ya había ocupado un 80% aproximado de toda la superficie del estanque con tratamiento. Considerando que se inició ocupando el 50% de la superficie, hubo un aumento del 30%.

La proliferación fue progresiva en el transcurso de los primeros 10 días de retención, incluso ocupando toda la superficie antes del tiempo establecido.

Figura 13: Proliferación de la lemna minor en los 10 primeros días



Nota: Elaboración propia

La Lemna minor tuvo un comportamiento de incremento apresurado mayor en los primeros 10 días de retención, en los siguientes días el incremento fue disminuyendo, pero aun así siendo acelerado para el tiempo de retención hidráulica establecido.

Dentro de esos primeros 10 días, se observó que un grupo de ejemplares de lemna minor empezaron a tornarse de color blanco y otro grupo reducido de color marrón. Esta singular alteración en el pigmento de la estructura plana de la lemna minor únicamente se percibió en los

primeros 10 días de retención, en el transcurso de los días restantes de estudios no se volvió a presentar.

2.5.1.2 Evaluación en Laboratorio

En este aspecto de la evaluación, es propio del laboratorio quien brinda sus servicios para los análisis de los parámetros físicoquímicos. Actúa mediante los métodos de ensayos fijados en una norma, que aplicará para el análisis de las muestras, alcanzando resultados fiables avalados por el referente nacional en materia de calidad INACAL.

El laboratorio seleccionado es ALAB acreditado bajo la ISO 17025 a nivel nacional por INACAL y también cuenta con una certificación internacional IAS.

Los parámetros que se enviaron analizar son: DBO5, Nitrógeno amoniacal, Fósforo Total, Oxígeno Disuelto, Conductividad y Ph. Siendo los parámetros claves de este estudio el nitrógeno amoniacal y el fósforo, ya que nos indicará el efecto que tiene el tratamiento sobre estas.

Dentro de las diferentes variaciones o formas del nitrógeno presentes en el agua residual debido a su oxidación, se optó por el análisis del nitrógeno amoniacal. Componente tóxico producto de la descomposición por hidrólisis de la urea, y frecuentemente se encuentra en las aguas sanitarias.

El nitrógeno amoniacal tiene como producto al nitrito y nitrato, y posteriormente por desnitrificación podemos tener nitrógeno gaseoso, todo este proceso se da por acción de bacterias y oxígeno en procesos bioquímicos.

El otro parámetro principal que se evaluó en el laboratorio es el fósforo total, como se ha explicado anteriormente, tanto el nitrógeno como el fósforo son compuestos que deben ser removidos, si exceden los niveles de concentración establecidos para mantener la calidad del agua; producen el fenómeno de eutrofización.

En el agua residual localizaremos el fósforo en 3 formas: ortofosfatos, polifosfatos inorgánicas y fosfatos orgánicos, donde la lectura del fósforo será como el fósforo total.

Conforme Oliveros y Wild (2019) el origen de la disposición del fósforo en el efluente es debido al uso del detergente en el ámbito doméstico y los fertilizantes aplicados por la industria agrícola. Esto afecta al equilibrio en porcentaje que debe mantener el fósforo para preservar la calidad del agua, generando el incremento de algas y perjudicando el hábitat de los organismos acuáticos.

Para Ramalho (2013) durante los últimos años la remoción de fósforo ha tomado mucha importancia a comparación que del nitrógeno. Esto se debe a que la gravedad en la presencia del fósforo en el agua residual es mayor que la del nitrógeno, y además que el tratamiento de

eliminación es más factible económicamente y más efectivo que éste. Cuando se desea remover nutrientes en el agua residual mayormente se enfocan en eliminar el fósforo presente.

A parte de evaluar los parámetros de los nutrientes (Nitrógeno amoniacal y fósforo), se va medir la contaminación orgánica mediante el parámetro de la DBO5 (Demanda bioquímica del oxígeno).

La selección de este parámetro es debido a que nos va mostrar la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual. Así podemos establecer una relación directa entre las sustancias orgánicas y productos químicos orgánicos, con la cantidad de oxígeno presente en el agua residual; a mayor material orgánico mayor consumo de oxígeno.

Según Romero (1999) Este parámetro es de mucho uso, podemos determinar qué tipos de tratamiento biológico aplicar, que cantidad de oxígeno necesita la materia orgánica para estabilizarse, la calidad del agua, la porción de carga orgánica que es aceptable en las fuentes receptoras de agua y sobre todo la eficiencia del tratamiento.

Luego también se evaluó ciertos parámetros que están definidos en la literatura de monitoreo de aguas residuales, como parámetros de campo. Los cuales no fueron evaluados in situ, debido a la ausencia del equipo que realzaría las diversas mediciones de parámetros de campo; dentro de ellas el oxígeno disuelto y la conductividad.

Estos parámetros fueron enviados al laboratorio para su medición; correctamente acondicionado para no diferir con los resultados que se hubiese tenido in situ.

Para Romero (1999) el oxígeno disuelto es sustancial tanto para el cálculo de la DBO como de la evaluación de las condiciones aeróbicas del agua. Para todo proceso aeróbico se exige una concentración de OD de 0.5 ppm.

De acuerdo a Caballero (2007) la conductividad eléctrica es un parámetro que mide la capacidad que tiene el agua para transportar la corriente eléctrica, su unidad de expresión es $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Está relacionada directamente con la presencia de iones en el agua.

La conductividad eléctrica indirectamente nos muestra el contenido total en sales de nuestra agua residual.

Todos los parámetros que se enviaron a evaluar contaron con condiciones de almacenamiento y preservación, basándose en el requerimiento mínimo para ensayos de muestras ambientales - Agua otorgados por el laboratorio ALAB.

Estos requisitos abarcan el tipo de envase, el tamaño de la muestra, la preservación, condiciones y tiempo de almacenamiento.

Tabla 5:

Requisitos mínimos para ensayos de muestras de aguas.

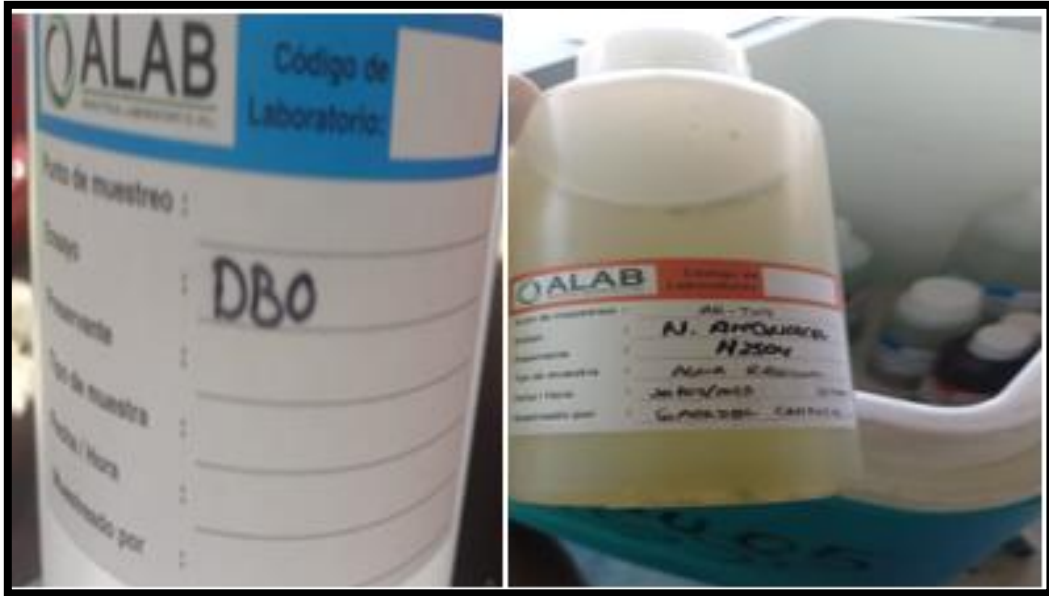
PARÁMETROS	TIPO DE ENVASE	TAMAÑO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Nitrógeno Amoniacal	Plástico	500 ml	Adicionar 20 gotas de H ₂ SO ₄ 1:1 PH<2, refrigerar ≤6°c	28 días
Fósforo Total	Plástico Ámbar	250 ml	Adicionar 20 gotas de H ₂ SO ₄ 1:1 PH<2, refrigerar ≤6°c	28 días
DBO5	Plástico	1 L	Llenar completamente la botella, sin dejar burbuja. Refrigerar ≤6°c	48 horas
Oxígeno Disuelto	Plástico	250 ml	Refrigerar ≤6°c	15 días
Conductividad / Ph	Plástico	100 ml	Refrigerar ≤6°c	28 días

Nota: la tabla fue proporcionada por el laboratorio "ALAB"

La identificación de las muestras también fue muy importante para distinguir los parámetros analizar. Para esto cada envase contaba con una etiqueta de rotulación, que llevaba ciertos datos de la toma de muestra que se tenían que completar.

Los datos de referencia que van en la etiqueta son: Punto de muestreo, Tipo de Ensayo, Preservantes, Tipo de Muestra, Fecha/Hora y la persona quien realiza el muestreo.

Figura 14: Rotulación de envases de toma de muestra



Nota: Elaboración Propia

Punto de Muestreo: Ubicación de la toma de muestra, representada con Letras o número para una secuencia en los muestreos.

Tipo de Ensayo: Es el parámetro que se va a evaluar en el laboratorio.

Preservantes: Acondicionamiento y aditivos conservantes de la muestra.

Tipo de Muestra: Se refiere al grupo de Agua que se va muestrear (Agua residual, Agua Potable, Agua Natural, Agua Salina, Agua para uso y consumo Humano).

Fecha y Hora: Momento exacto de la toma de muestra.

Muestreado por: Persona que lleva a cabo el muestreo, lo cual debe tener conocimientos básicos de un monitoreo de aguas residuales.

A demás de la rotulación de la muestra que tiene como fin de tener identificado cada parámetro a evaluar, también se requiere una Cadena de custodia.

La cadena de custodia es un documento que queda registrado detalladamente toda la actividad que realiza el analista en la toma de muestra en campo, sirve de mucha ayuda para el laboratorio quien recepciona la muestra y puede tener más información del proceso de muestreo. Para el laboratorio la cadena de custodia es uno de los requisitos más importantes para la recepción de la muestra, ya que sin ella no llevará acabo el ensayo.

Nitrógeno Amoniacal: la técnica aplicada es el método del electrodo selectivo de amoniaco, utiliza una membrana hidrofóbica permeable al gas para separar la solución de muestra de una solución interna de electrodo de cloruro de amonio. Este método es efectivo al rango de medición entre 0,03 a 1400 mg NH₃-N/L en agua potable y aguas superficiales y desechos domésticos e industriales. Para este caso la destilación de la muestra es innecesaria.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): La prueba mide el oxígeno molecular utilizado durante un período de incubación especificado para la degradación bioquímica de materia orgánica. La medición de oxígeno consumido se dará en un período de prueba de 5 días, donde representa aproximadamente un 65 a 80% del total de la materia oxidable.

Para la toma de muestra de este parámetro, se evitó el ingreso de burbujas llenando el envase hasta el rebose, para evitar errores en la medición de oxígeno.

Oxígeno Disuelto (OD): El análisis de oxígeno disuelto es una prueba fundamental en la contaminación del agua y el control de procesos de tratamiento de residuos. Es un indicador de la actividad física, química y bioquímicas en cuerpos de agua, ya que depende de estos para determinar un nivel de oxígeno disuelto.

El análisis de este parámetro es más sencillo, se aplica el método de electrodo de membrana. Se usa un equipo portátil diseñado para proporcionar mediciones de alta exactitud tanto en el campo como en el laboratorio.

Conductividad/PH: La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la salinidad de la muestra analizar, indicándonos la salinidad de nuestra agua. Estos Iones presentes en la muestra que conducen energía eléctrica, se miden con un conductímetro; siendo sus unidades (dS/mt). Para el Ph el principio básico de la medición electrométrica es la determinación de la actividad de los iones de hidrógeno por medición potenciométrica, utilizando un electrodo de hidrógeno estándar y un electrodo de referencia.

Dentro de los diferentes parámetros a evaluar, se encuentran 2 de ellos que no cuentan con la acreditación de INACAL, que es el oxígeno disuelto y el ph. Pero los principales indicadores de la eficiencia del tratamiento como es el nitrógeno y el fósforo si se encuentran acreditado, además de la DBO₅ y conductividad.

Se detalla en un cuadro de los métodos aplicados para los diferentes ensayos.

Tabla 6:

Métodos y referencias de ensayo

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Conductividad (*)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 2510 B 23rd Ed. 2017	Conductivity. Laboratory Method.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 5210 B, 23 rd Ed.	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Nitrógeno Amoniacal (*)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-NH3 D, 23 rd	Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
Oxígeno Disuelto (**)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-O G. 23rd Ed.	Oxygen (Dissolved). Membrana Electrode Method
pH (**)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed.	pH Value Electrometric Method
Fósforo Total (*)	SMEWW-APHA-AWWA- WEF Part 4500-P B(Item 5) y E, 23 rd Ed. 2017	Phosphorus. Ascorbic Acid Method

Nota: Esquema proporcionado por el laboratorio "ALAB"

"SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL – DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

III. RESULTADOS

Dentro del proceso del sistema de tratamiento para evaluar la eficiencia de la misma, se realizaron tomas de muestra de contingencia en la laguna facultativa. Esto se dio con el fin de descartar la posibilidad que el sistema biológico de laguna facultativa sea la causante de generar un aumento en el nitrógeno y fósforo del agua residual.

La incertidumbre se originó debido a que esta laguna no recibe un adecuado mantenimiento, el diseño pierde valor y el tratamiento resulta poco efectivo. Cabe resaltar que estos nutrientes usualmente no son evaluados a la salida de la laguna facultativa por la entidad prestadora de servicio municipal, ya que se asume que está controlado.

Tabla 7:

Resultados de muestreo tomado en la laguna facultativa

SISTEMA PRE TRATAMIENTO LEMNA MINOR - LAGUNA FACULTATIVA			
PARÁMETROS	UNIDADES DE MEDIDA	INICIO	FIN
Temperatura	°C	28.00	29.80
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1840.00	1818.00
PH	Unidad de PH	7.01	6.94
Oxígeno Disuelto	mg DO/L	0.47	0.20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	547.00	270.50
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	61.737	56.999
Fósforo Total	mg/L	12.508	10.139

La tabla muestra los resultados fisicoquímicos del agua residual municipal al ingreso de la laguna primaria y a la salida de la laguna secundaria, ya que este sistema biológico está en serie. La temperatura aumentó de 28°C a 29.8°C, una variación moderada dada después de la exposición de la luz solar en la laguna.

El Ph disminuyó muy poco de 7 a 6.94 manteniéndose neutro, y siendo inofensivo tanto para algún cuerpo receptor como para el siguiente proceso de tratamiento que vamos aplicar. Como también la conductividad eléctrica tuvo una reducción mínima a 1818.00 µS/cm evidenciando la presencia de sales e iones disueltos en el efluente.

Por otro lado, el Oxígeno disuelto ha disminuido de 0.47 a 0.20 mg DO/L considerablemente.

Esto puede ser debido a la oxidación de la materia orgánica y aumento de temperatura.

La Demanda Bioquímica de oxígeno disminuyó un 50% de su concentración de ingreso, saliendo con 270.50 mg/L.

Tanto el Nitrógeno amoniacal y el fósforo total no tuvieron un aumento de concentración después de la laguna facultativa, pero sí una reducción por debajo del 20%. El nitrógeno amoniacal pasó de 61.737 a 56.999 mg/L, y el fósforo total de 12.508 a 10.139 mg/L.

Luego de los ensayos previos alternativo, se procedió con los del sistema de tratamiento con lemna minor. Para dar un diagnóstico posterior de la efectividad del tratamiento se basó en los siguientes resultados obtenidos de cada parámetro analizado.

La evaluación se hizo desde el tiempo cero del tratamiento hasta los 30 días establecidos para el sistema. Considerando también que cada 10 días se realizó la cosecha de la macrofitas y asimismo se tomaron muestras para su posterior análisis, con el fin de examinar el comportamiento del tratamiento dentro del intervalo de tiempo de 30 días.

Como se ha mencionado anteriormente el tratamiento con lemna minor es comparado con un sistema control, donde ambas inician y terminan con las mismas condiciones de diseño del sistema. Tanto de uno y otro se tomaron las mismas cantidades de muestras de los parámetros ya indicados.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos del tratamiento.

Tabla 8:

Resultados de las muestras tomadas en el sistema de tratamiento

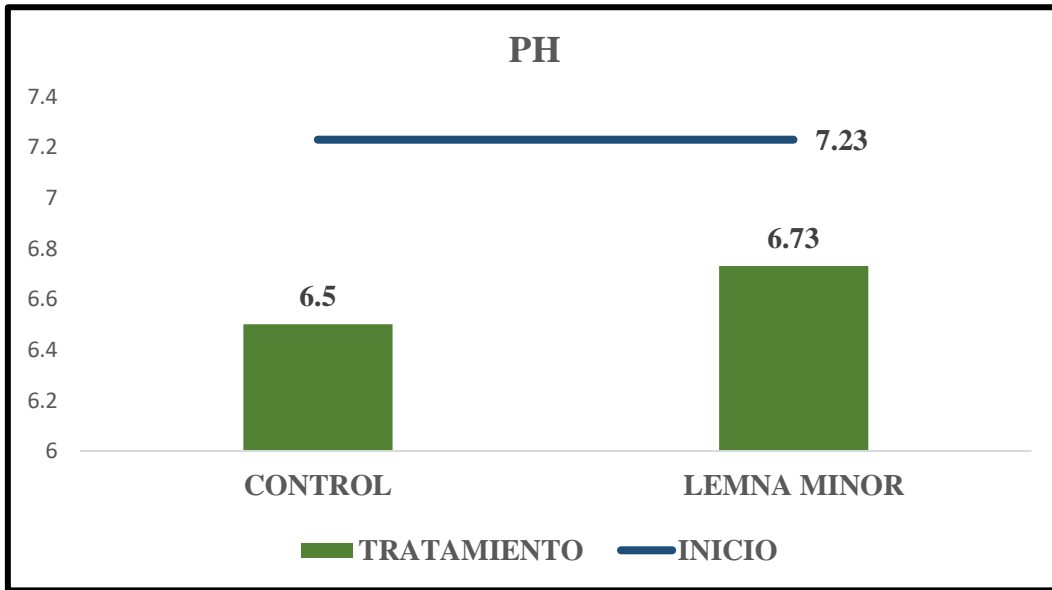
SISTEMA DE TRATAMIENTO CON LEMNA MINOR					
		Control		Lemna Minor	
PARÁMETROS	UNIDADES DE MEDIDA	INICIO	FIN	INICIO	FIN
Temperatura	°C	32.90	26.10	33.90	27.40
Conductividad Eléctrica	µS/cm	1814.00	1794.00	1824.00	1734.00
PH	Unidad de PH	7.16	6.50	7.29	6.73
Oxígeno Disuelto	mg DO/L	0.67	0.42	0.18	0.87
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	211.20	132.00	248.00	78.50
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	59.321	0.327	58.148	0.564
Fósforo Total	mg/L	9.894	2.894	9.649	2.191

El inicio del tratamiento se dio el día 22/01/2023 donde se realizaron las primeras tomas de muestra, y culminaron el día 20/02/2023.

Como se aprecia en la tabla la temperatura tanto en el sistema control como en el de tratamiento con lemna minor disminuyeron. Durante el mes de estudio el estanque con lemna minor bajo la temperatura de 33.90°C a 27.40°C, mientras el de control bajo de 32.9°C a 26.10°C, los grados de disminución en ambos estanques están en un promedio de 6.7°C. Teniendo en cuenta que estas dos mediciones de temperatura de inicio y fin de los dos estanques se realizaron en el mismo horario entre 9:00 am a 10:00 am.

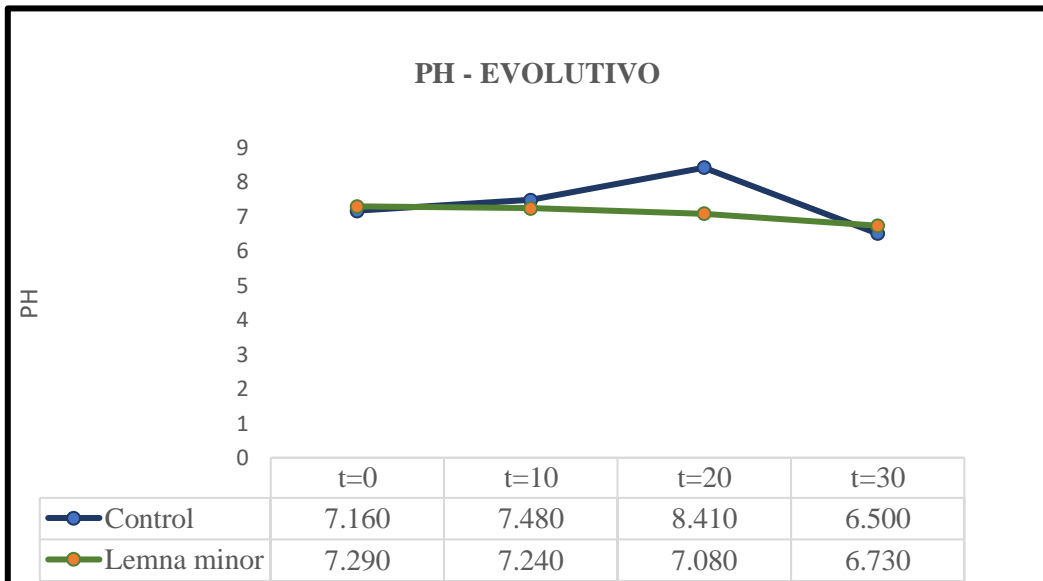
PH: El Ph disminuyó en los dos sistemas, el de lemna minor bajó de 7.29 a 6.73, y el de control de 7.16 a 6.50, estas mediciones fueron tomadas en el laboratorio “ALAB”, con el fin de tener una referencia más clara de las muestras que se enviaron analizar. Esta disminución nos puede mostrar indirectamente la posible reducción de nitrógeno y fósforo ya que estos compuestos alcalinizan el agua y con su ausencia ligeramente puede estar causando la disminución de ph. Para castillo 2017 otra posible causa de esta disminución es la descomposición de la materia orgánica o ácidos orgánicos. Y también indica que el ph optimo esta entre 6.5 y 8.5.

Figura 16: Variación de ph en el tratamiento



Nota: Elaboración Propia

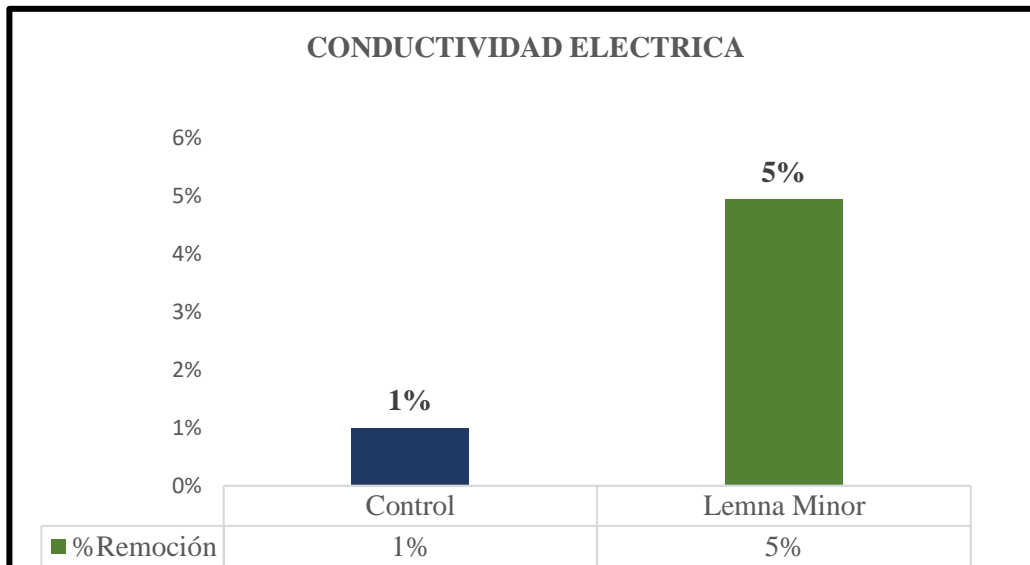
Figura 17: Variación evolutiva de ph en el tratamiento



Conductividad Eléctrica: la conductividad eléctrica indicador de la presencia de los sólidos disueltos totales o sales disueltas. En este caso tanto para la lemna minor como para el control, la remoción de conductividad fue leve, obteniendo resultados de 1734 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el sistema con lemna minor y 1794 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el control.

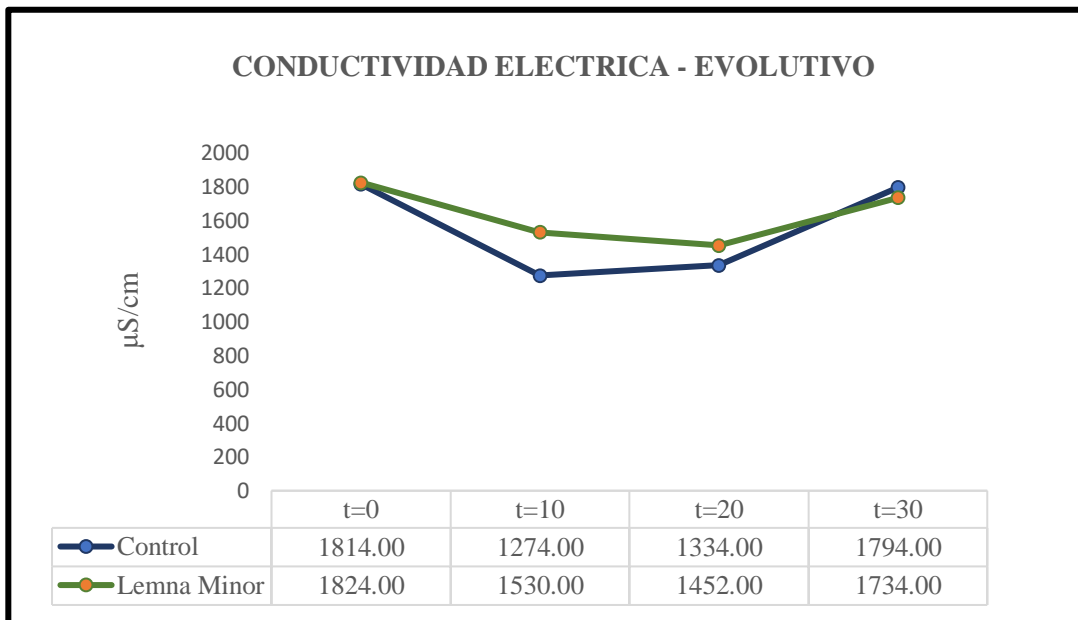
Esta frágil remoción es una señal que a las condiciones dadas en el tratamiento es deficiente para reducir los minerales disueltos en el agua residual.

Figura 18: Variación de la Conductividad Eléctrica



Dentro del proceso de tratamiento se tomaron muestras de intervalo de 10 días, lo cual para sistema control al día 10 se observó la mayor remoción y para el sistema con lemna Minor al día 20, luego ambos subieron la concentración al día 30.

Figura 19: Variación evolutiva de la Conductividad eléctrica



Nota: Elaboración Propia

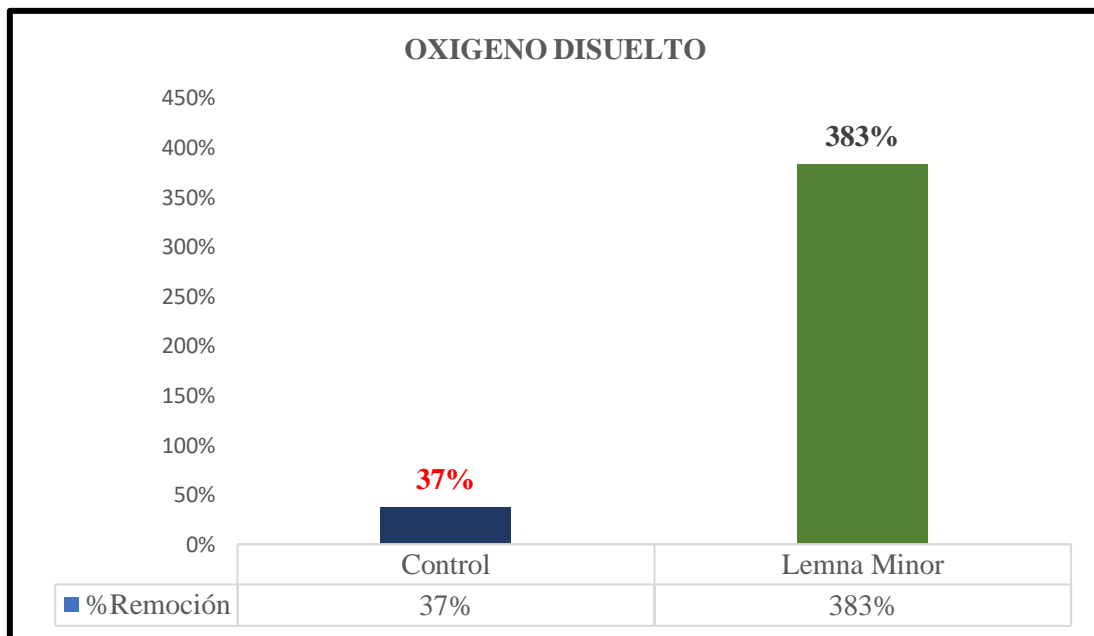
Oxígeno Disuelto: Según García (2012) la concentración de oxígeno disuelto en el agua residual suele no tener mucha relevancia si es para efectos adversos a la salud humana, no hay un límite de concentración mínima requerida, pero si para preservar la fauna acuática.

El oxígeno disuelto en el sistema control disminuyó de 0.67 a 0.42 mg/L y el tratamiento con lemna minor pasó de 0.18 a 0.87 mg/L.

La reducción en el sistema control es debido a la demanda de oxígeno para la oxidación de materia orgánica y por el ciclo de nitrógeno que se da de forma automática, precisamente en la nitrificación. Ambos procesos bioquímicos requieren del oxígeno disuelto del agua residual.

El sistema con tratamiento aumento considerablemente, por encima del 100%.

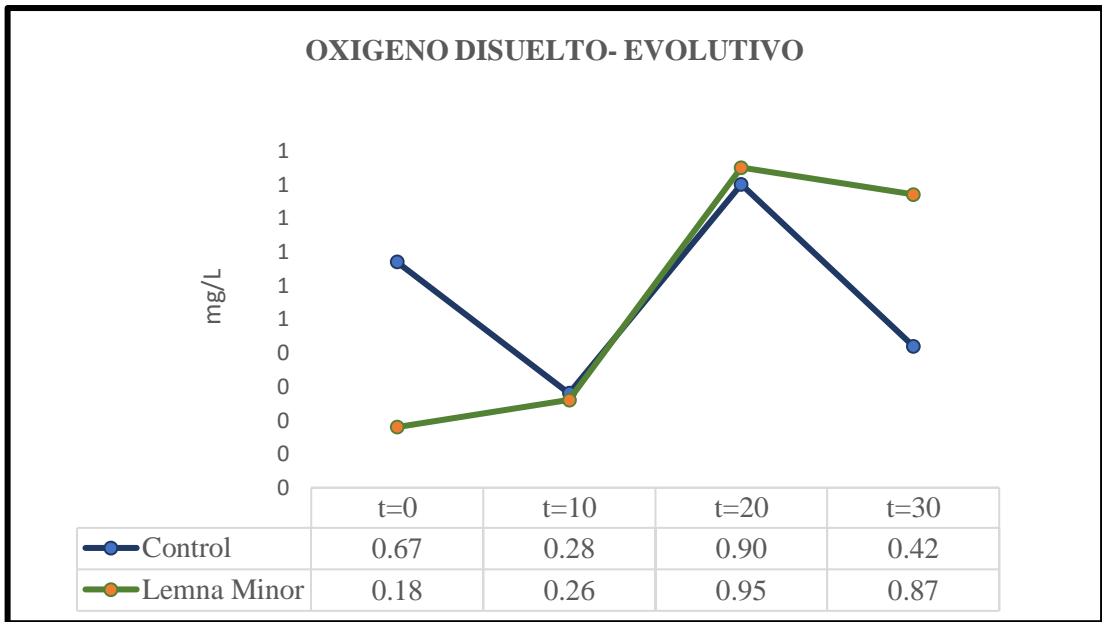
Figura 20: Variación de Oxígeno disuelto



Nota: Elaboración Propia

En los intervalos de tiempo del tratamiento la variación de oxígeno disuelto fue muy fluctuante, pero se apreció que el sistema con lemna minor al pasar los días tenía una tendencia a aumentar la concentración de oxígeno disuelto en el agua residual.

Figura 21: Variación evolutiva de Oxígeno disuelto

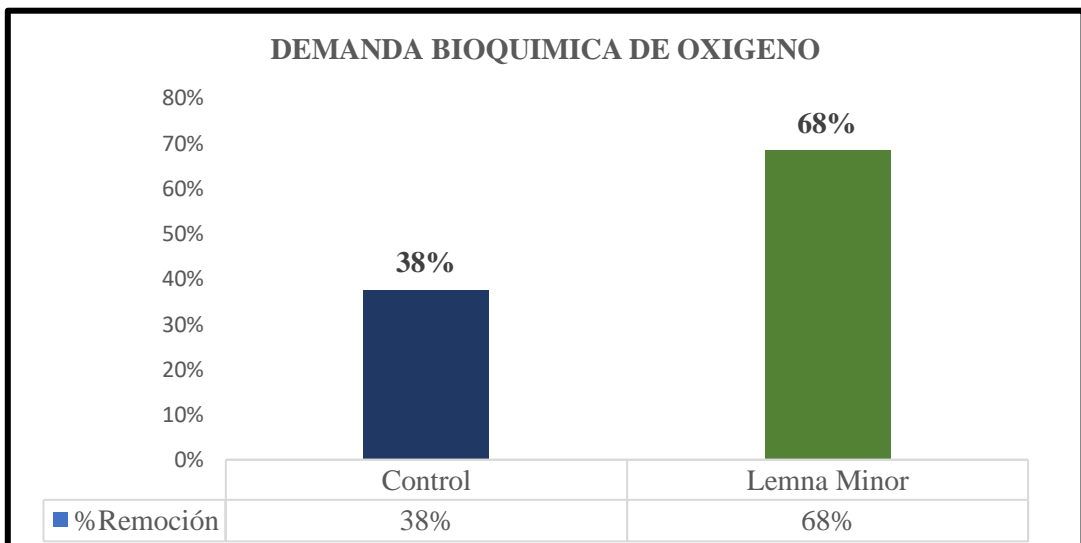


Nota: Elaboración Propia

Demanda bioquímica de oxígeno: La DBO5 en el trayecto de la investigación de 1 mes; el sistema control bajo a 132 mg/L cuando inicio con 211.2 mg/L, y en el sistema con lemna minor inicio con 248 mg/L y finalizó con 78.50 gr/ml.

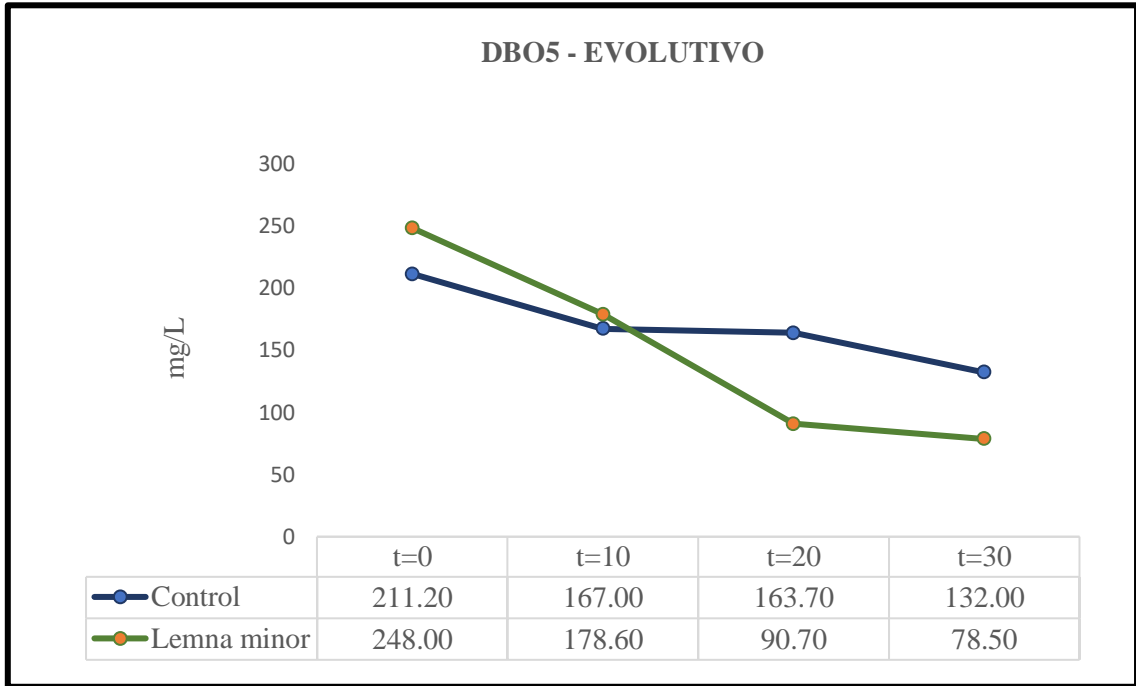
La remoción de DBO5 en el sistema con lemna minor es más alta debido a que la absorción de nutrientes vuelve densas sus raíces, siendo estas un sitio de posada de las bacterias degradadoras de material orgánico, actuando como filtro.

Figura 22: Variación de la DBO5



La tendencia en la remoción de la DBO5 en los 30 días de estudio siempre fue a menos en los dos sistemas. Teniendo el porcentaje de remoción más alto el sistema con lemna minor, que entre el día 10 y 20 logró alcanzar casi un 50% de disminución en su concentración.

Figura 23: Variación evolutiva de la DBO5



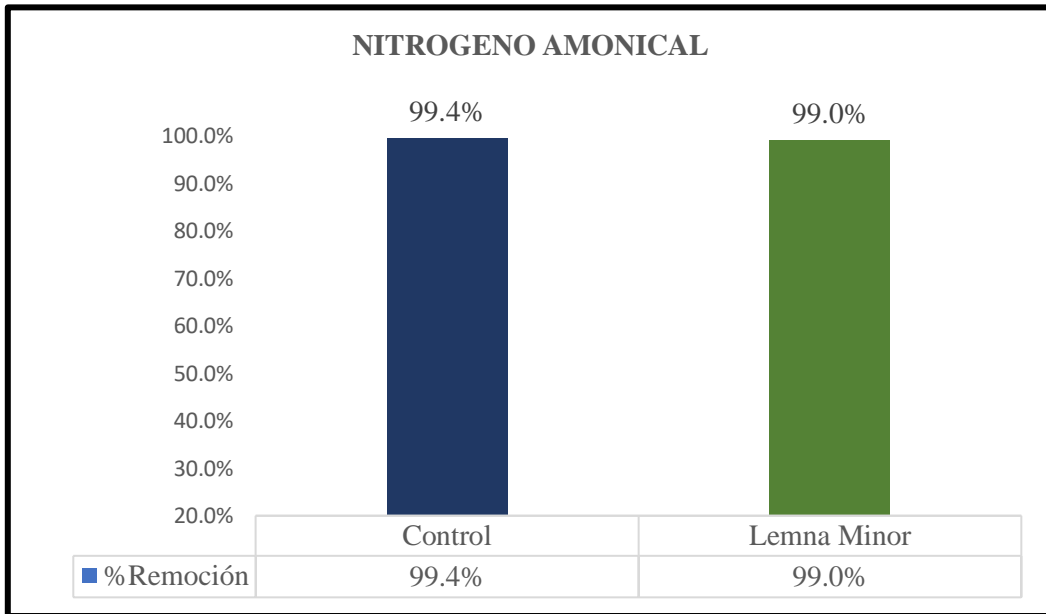
Nota: Elaboración propia

Nitrógeno Amoniacal: el nitrógeno amoniacal es una descomposición de la urea por la hidrólisis que se da espontáneamente en el agua residual.

Ambos sistemas lograron reducir el nitrógeno amoniacal en casi un 100%. El sistema control bajo de 59.321 mg/L a 0.327 mg/L y el sistema con lemna minor removió de 58.148 mg/L a 0.564 mg/L.

En el sistema control la remoción se dio de forma biológica por la nitrificación y desnitrificación mediante bacterias presentes en el agua residual, transformado el ion amonio a nitrito (NO²) y nitrato (NO³).

Figura 24: Variación del Nitrógeno amoniacal



Nota: Elaboración propia

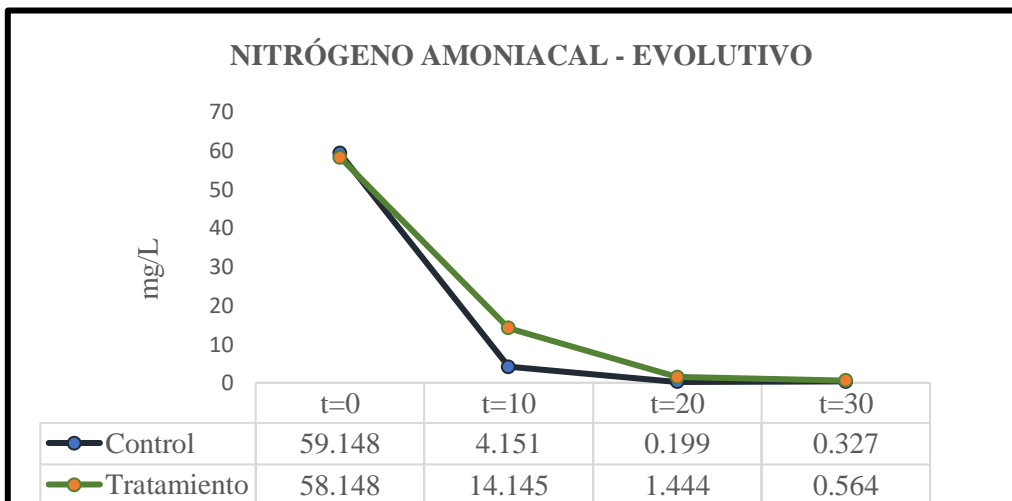
Los sistemas aplicados en el estudio estuvieron competentes en la remoción del nitrógeno amoniacal, hasta minimizar su concentración en cero.

El sistema control tuvo mayor remoción al día 10 en un 93%, mientras que el sistema con lemna minor tuvo mayor porcentaje de remoción al día 20 logrando alcanzar un 98%.

La influencia del porcentaje alto de remoción en el sistema control es debido principalmente al tiempo de retención hidráulica.

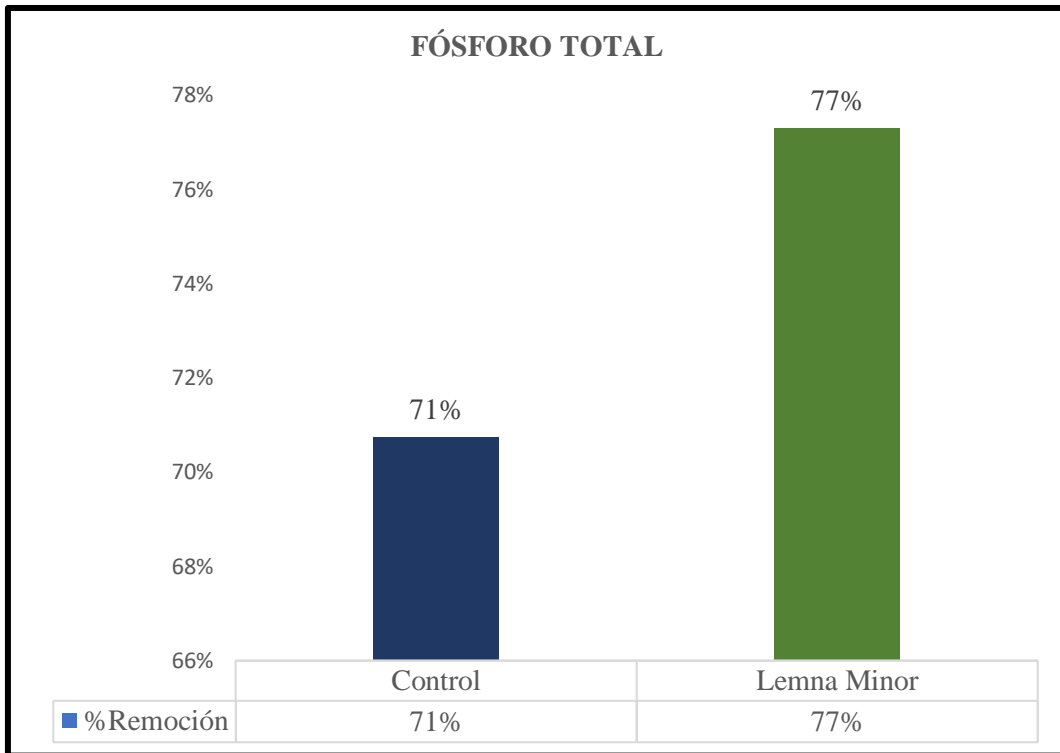
Mientras que para el sistema de lemna minor impacta el tiempo de cosecha controlado.

Figura 25: Variación evolutiva del Nitrógeno amoniacal



Fosforo Total: la remoción de fosforo en ambos sistemas fue un porcentaje parejo, ligeramente el sistema con lemna minor con mayor porcentaje de remoción de 77%, iniciando con una concentración de 9.649 mg/L y finalizando con 2.191 mg/L.

Figura 26: Variación del Fósforo total



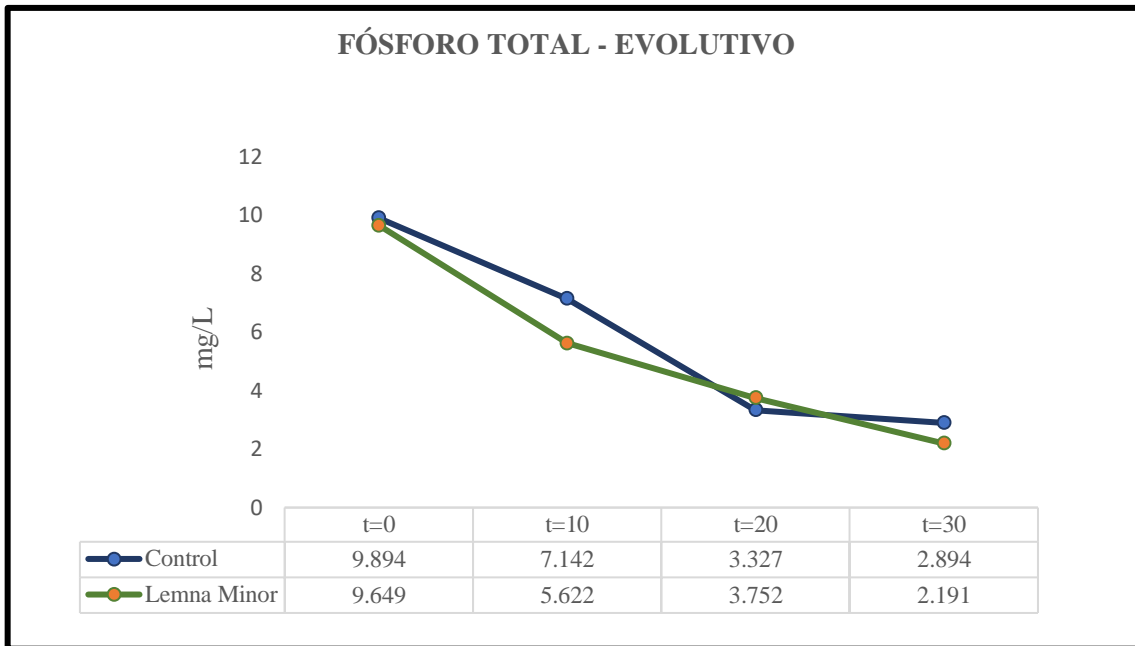
Nota: Elaboración propia

La frecuencia de remoción del fósforo total al pasar los días de estudio, fue moderado a comparación de la remoción de nitrógeno amoniacal.

El sistema control en el periodo de 10 a 20 días logro una disminución del 53%; mientras el sistema con lemna minor alcanzó en el mismo rango de tiempo el 33%.

Cabe resaltar que el sistema con lemna minor en los primeros 10 días logró mayor remoción que el sistema control.

Figura 27: Variación evolutiva del Fósforo total



Nota: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN

La macrofita lemna minor es una buena alternativa de remoción de nutrientes y a su vez oxigena el agua residual. Se adapta a variaciones de temperatura y ph, en este caso las variaciones fueron moderadas, ya que el tiempo de estudio se centró en un clima permanentemente caluroso.

La proliferación de esta planta fue muy acelerada en el estanque de tratamiento, donde a los 2 días de estudio logró acaparar un 80% de la superficie, siendo este número un 30% de aumento ya que el punto de partida se dio delimitando la superficie del estanque con el 50% del área de ejemplares de lemna minor (Figura 12).

En los primeros 10 días antes de la primera cosecha de la lemna minor, ciertos ejemplares se empezaron a tornar de color blanco, un cambio de color poco usual ya que el color de degradación de la planta es marrón a negro. Esta tonalidad blanca es debido a la sobre carga de absorción de las raíces de la planta, por el tiempo excesivo de acondicionamiento de la lemna minor para este caso.

El sistema control mantuvo en todo el estudio sus aguas residuales verduzcas, debido a las microalgas presentes que por acción de fotosíntesis pintaba sus aguas. Cabe resaltar que en los primeros 10 días se evidencio burbujeo en el agua residual, por acción de los gases liberados. Mientras que el sistema con lemna minor fue perdiendo ligeramente el color verduzco al pasar los días, debido a que la proliferación de la lemna minor cubría la superficie impidiendo el paso de la luz solar al agua residual.

La remoción de nitrógeno amoniacal en el sistema con lemna minor fue de un 99%, iniciando con una concentración de 58.148 mg/L hasta culminar con una medición de 0.564 mg/L. Estos resultados son corroborados por Elver C. (2016) en la medición de la eficiencia de la lemna minor en las aguas residuales de la universidad de toribio Rodríguez de Mendoza de amazonas, alcanzando una remoción de amonio del 93,17%.

Un dato muy aproximado y superado a lo logrado por el estudio realizado.

En el sistema control tuvo un porcentaje de remoción igual al de el de tratamiento con lemna minor obteniendo un 99.4% de remoción. Esto es debido a la nitrificación que se da por las bacterias presentes en el agua residual, sumando a esto que el flujo es estático, no hay

movimiento y las microalgas sintetizan este nutriente. La desventaja que se da en este sistema control es que disminuye la concentración de oxígeno disuelto.

La remoción del fósforo total en el sistema con lemna minor es de 77%, se inició con una concentración de 9.649 mg/L y terminó con 2.894 mg/L.

El porcentaje de remoción en el tiempo de 30 días fue disminuyendo debido a que la lemna minor ya no tenía nutrientes que absorber.

Para el caso del fósforo la remoción con lemna minor fue una disminución moderada, pero con la frecuencia siempre a menos.

Estos nutrientes tanto el nitrógeno amoniacal como el fosforo, no son parámetros controlados a la salida de la laguna facultativa, ya que no hay ciertas restricciones a su salida. Pero al ser este efluente en su mayoría de su caudal usado para aguas de regadío, es importante contemplar la idea de que el exceso de estos nutrientes es la causante de la toxicidad de la plantas y suelo, también retrasa el proceso de maduración de un fruto.

Las raíces de la lemna en los primeros 10 días se cargaron de estos nutrientes y empezaron a ponerse densas y crecieron de 0.5 cm a 2 cm de largo.

El agua residual ingresó al tratamiento con un ph neutro entre 7.1 a 7.3, donde el sistema con lemna minor bajo ligeramente el ph a 6.73, estando dentro del ph óptimo de 6.5 y 8.5 para aguas residuales. Este ph se encuentra permitido tanto si el efluente va al mar o es usado para regadío. Esta variación ligera de ph es debido a la reducción de solidos disueltos alcalinos, acidificando levemente el agua, en este caso una variación insignificante.

Para la conductividad eléctrica, el tratamiento con lemna minor removió un porcentaje bajo de los sólidos disueltos totales aproximadamente un 5%, donde inicio con 1824 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y culminó el proceso con 1734 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta cantidad de minerales en el agua residual es aceptable para el regadío, más no si es vertido a un lago o laguna.

Se inició con una concentración baja de oxígeno disuelto de 0.18 mg/L, después de aplicar el tratamiento con lemna minor la concentración aumento por encima del 100% obteniendo un resultado de 0.87 mg/L. La concentración de este parámetro influye bastante si es vertido a un cuerpo receptor hídrico debido al posible riesgo de las especies que habitan.

El ligero aumento de la concentración de oxígeno en el tratamiento con lemna minor es producto de la fotosíntesis que se da en las microalgas presentes en el agua residual, y sobre todo por la oxigenación de la lemna minor en el tratamiento.

Por su baja concentración de oxígeno disuelto en el agua residual se condiciona a ser un sistema anaeróbico.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) inicial es de 248 mg/L y el sistema con lemna minor removió hasta 78.5 mg/L, siendo un 68% de remoción. Un porcentaje considerable, debido a la acción de las raíces de la lemna minor, mientras estas cargan sus raíces por absorción de nutrientes, las bacterias que degradan la materia orgánica presente en el agua residual se asientan en las raíces actuando como un de filtro, siendo más efectivo la disminución de DBO5.

V. CONCLUSIONES

La lemna minor es una especie que remueve el nitrógeno y fósforo del agua residual municipal de la laguna facultativa “San Francisco”. Su porcentaje de remoción varía entre los 70 a 90%, incluso para el nitrógeno amoniacal alcanzando una remoción absoluta.

Este tratamiento es controlado con el tiempo de retención de los ejemplares de lemna minor, comúnmente llamado a esta operación “cosecha”. La cosecha, que es la acción de retirar los ejemplares de lemna minor que se encuentran cargados de este nutriente, se dio cada 10 días. En el día de cosecha se recoge los ejemplares seleccionados cualitativamente, hasta que la superficie del estanque se encuentre al 50% de ejemplares de lemna minor, tal como se inició. Un buen tiempo de retención y un lecho adecuado de ejemplares de lemna minor, es clave para llevar un efectivo tratamiento de remoción de estos nutrientes.

El sistema control, también puede remover nutrientes por procesos espontáneos que se dan en el agua residual al estar en un estado fijo.

La diferencia que se encuentra es que la remoción que se da en el sistema control, afecta a otros parámetros que son fiscalizados a la salida de la laguna facultativa; como también perjudica al aspecto visual del agua residual.

Este tratamiento con lemna minor reduce en mayor porcentaje al nitrógeno amoniacal que al fósforo total en las condiciones establecidas de estudio, pero aun así se lograron concentraciones muy bajas de estos nutrientes.

Cabe resaltar que las concentraciones de estos nutrientes tampoco deben ser demasiadas bajas ya que, si este efluente se aplica para el regadío, no tendría efecto alguno. Por eso es muy importante el tiempo de retención en el sistema.

La temperatura ni el ph fueron parámetros controlados, sino solo monitoreados, manteniéndose estos parámetros en números muy favorables para el proceso de remoción. Estos datos obtenidos en el monitoreo fueron comparados con la información de los antecedentes evaluados, confirmando que nuestro tratamiento con lemna minor se iba desarrollando a temperaturas y ph convenientes para la remoción.

Este sistema de tratamiento con lemna minor, también pudo remover material orgánico biodegradable, donde se pudo observar en la medición de la DBO5, logrando remover un 68%. Asimismo, apporto en el aumento de oxígeno disuelto en el agua residual, elevando la concentración por encima del 100%.

La proliferación de la lemna minor en el estanque, impide el paso de luz solar al agua residual, haciendo lenta el proceso de fotosíntesis en las microalgas presentes en el agua. Esto hace cierta comparación con el sistema control quien mantuvo permanentemente en todo el estudio un color verduzco en sus aguas residuales.

Las condiciones de protección de los sistemas fueron efectivos, como las mallas que se usaron para resguardar que especies externas puedan intervenir en los sistemas de tratamiento. Como también para el caso del sistema con lemna minor, evito que por acción del viento se pierdan ejemplares afectando al estudio.

El dimensionamiento de los estanques y el volumen aplicado, fueron efectivos tanto para el desarrollo de la lemna minor como para las tomas de muestras periódicas que se hicieron.

La efectividad de la remoción con la lemna minor se podía apreciar en el engrosamiento y alargamiento de sus raíces, siendo un indicador cuantitativo de absorción.

En los días de cosecha, la lemna minor retirada era de un color verde oscuro con las raíces prominentemente alargadas. Esta lemna minor cargada de nutrientes se dio un rehusó, previamente eliminando la humedad y teniendo un producto sólido, lo cual fue suministrado como alimento para animales.

Adicional al sistema de tratamiento se realizó una prueba preliminar en la laguna facultativa "San Francisco", tomando muestras al inicio y fin de la laguna, con el objetivo de determinar si el tratamiento biológico de lagunaje estaba siendo un generador de estos nutrientes a remover. Concluyendo según los resultados obtenidos que no aumenta la concentración sino lo disminuye, pero en un porcentaje bajo entre 10 a 20 %, siendo más efectivo en el fósforo total.

VI. RECOMENDACIONES

El tratamiento con lemna minor para la remoción de nitrógeno y fósforo es una opción factible si se desea aplicar como tratamiento terciario en la laguna facultativa “San Francisco”. Donde la variación que se haría al sistema es que ya no sería batch o lote, sino un sistema continuo, para la eficiencia del tratamiento.

El aplicado en este estudio es un sistema batch, pero se recomienda para investigaciones posteriores realizar en un sistema continuo, pero en la misma escala, y realizar comparaciones de eficiencia.

Para tener una amplia valoración del tratamiento con lemna minor, es considerable realizar el estudio en diferentes estaciones del año, para apreciar el comportamiento del sistema a diferentes temperaturas con variaciones considerable.

Como por ejemplo las concentraciones de nitrógeno y fosforo aumentan en temporada de verano, ya que en esos meses el agua en la provincia de chincha es escasa, resultando que el material desecho con estos nutrientes al alcantarillado serán más concentrados y muy pocos diluidos.

Para las tomas de muestras se usaron un adecuado equipo de seguridad, como por ejemplo guantes, mascarillas, zapatos cerrados y guardapolvo. Estas fueron las principales vestiduras para las tomas de muestras, y sobre todo para las que se hicieron en la laguna, ya que en zonas como estas el ambiente no es tan saludable.

Es recomendable que el área donde se va establecer el sistema, sea un lugar cercano a la laguna, para que, en el traslado de la muestra de un punto a otro, no afecte las características del agua residual.

En el estudio hubo parámetros de campos evaluados en laboratorio debido a la falta de equipo portátil, como el multiparámetro. Se aconseja si se tiene los recursos suficientes comprarse el equipo para un mejor monitoreo in situ.

Todo el material empleado debe estar esterilizado para evitar contaminación en la muestra, sobre todo los envases de apoyo, y los de muestreo.

El área donde se va destinar para efectuar el sistema de tratamiento, debe ser un ambiente abierto y con amplia disponibilidad de movilidad a su alrededor. Con el fin que el sistema pueda

recepcionar la luz solar para el tratamiento y para tener un mayor desarrollo al tomar las muestras.

Para investigaciones siguientes se sugiere aumentar más parámetros analizar, como el nitrito, nitrato y coliformes totales.

Con estos parámetros se puede concluir a diferentes ideas del objetivo planteado, y progresivamente ir ampliando la investigación con nuevas interrogantes que puedan surgir. A su vez se puede incurrir en la carga de absorción de la lemna minor, evaluando el comportamiento de la biomasa. Y a su vez determinar el índice de crecimiento de la lemna minor en un determinado tiempo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

LIBROS

- [1]. Metcalf y Eddy. *Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización*. Aravaca-Madrid. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A. (1996).
- [2]. Romero, J. *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principio de diseño*. Bogotá. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, (1999).

REVISTAS

- [3] Arroyave, M. “La lenteja de agua (Lemna minor L.): Una planta acuática promisoría” Revista EIA. 1. 33-38. (2004).
- [4]. Ramalho, R. “Tratamiento de Aguas Residuales”. Editorial Reverté, S. A., (2013).
- [5]. Sierra. L, Ramírez. L & Rodríguez, J. “Determinación de la tasa relativa de crecimiento de la Lemna Minor sp en el tratamiento de efluentes de un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales”. I+D Revista de Investigaciones, 7(1), 91-97, (2016).
- [6]. Sierra. L, Ramírez. L & Rodríguez, J. “Evaluación del postratamiento de aguasresiduales municipales mediante la utilización de macrofitas como las lentejas de agua(lemma minor) en lagunas de estabilización”. Ciencia & Tecnología, 10(2), 153-157, (2018).

BOLETIN

- [7]. Noyola, A., Morgan, J. y Güereca, L. “Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales”. México, (2013).

DOCUMENTOS

- [8] Castillo, E. ,“Eficiencia de Lemna Sp y Eichhornia Crassipes, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales en Celendín. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Cajamarca (2017).
- [9] Coronel, E. “Eficiencia del jacinto de agua (Eichhornia Crassipes) y lenteja de agua (Lemna Minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Chachapoyas,2015”. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, (2016).

- [10]. García, Z. “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas”. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería, (2012).
- [11]. Oliveros, D. y Wild, J. “Evaluación de la eficiencia de remoción de nutrientes presentes en aguas residuales municipales en un sistema de tratamiento terciario”. Tesis de licenciatura. Universidad de la Costa – CUC, (2019)
- [12]. Quispe, K. y Ayala, “Utilización de la Eichhornia Crassipes y Lemna Minor en la remoción de Nitrógeno y Fósforo, de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la empresa Emapacop S.A - Ucayali 2018”. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Ucayali, (2019).
- [13]. Valbuena, L. y Catillo, W. (2015). Evaluación de alternativas de tratamiento de agua residual doméstica para reúso en irrigación en una hospedería en el municipio de villa de Leyva-Boyacá. Tesis de Licenciatura. Universidad de la Salle-Bogotá.

OTRAS FUENTES

- [14] AINIA (2015). [Online]. Available: <https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/arranca-la-1-planta-semi-industrial-para-recuperar-nutrientes-de-purines-porcinos> , Consultado: Diciembre, 2022.
- [15] MINAM (2019). [Online]. Available: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/manual-municipios-ecoeficientes>, Consultado: Diciembre, 2022.
- [16] Weather Spark (2023). [Online]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/21276/Clima-promedio-en-Chincha-Alta-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>, Consultado: Enero, 2023.

VIII ANEXOS

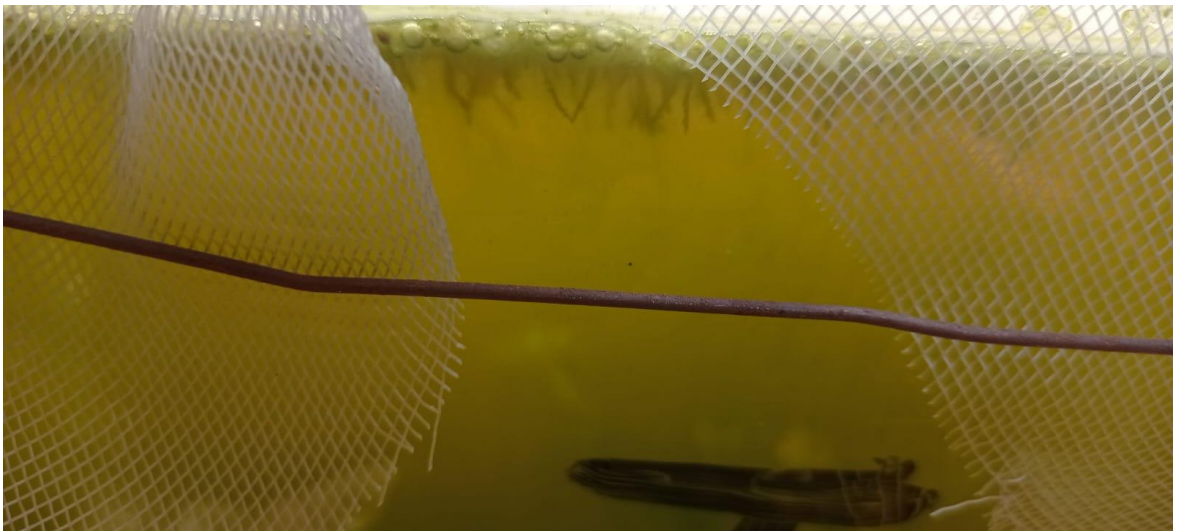
ANEXO A. Recolección y acondicionamiento de la lemna minor



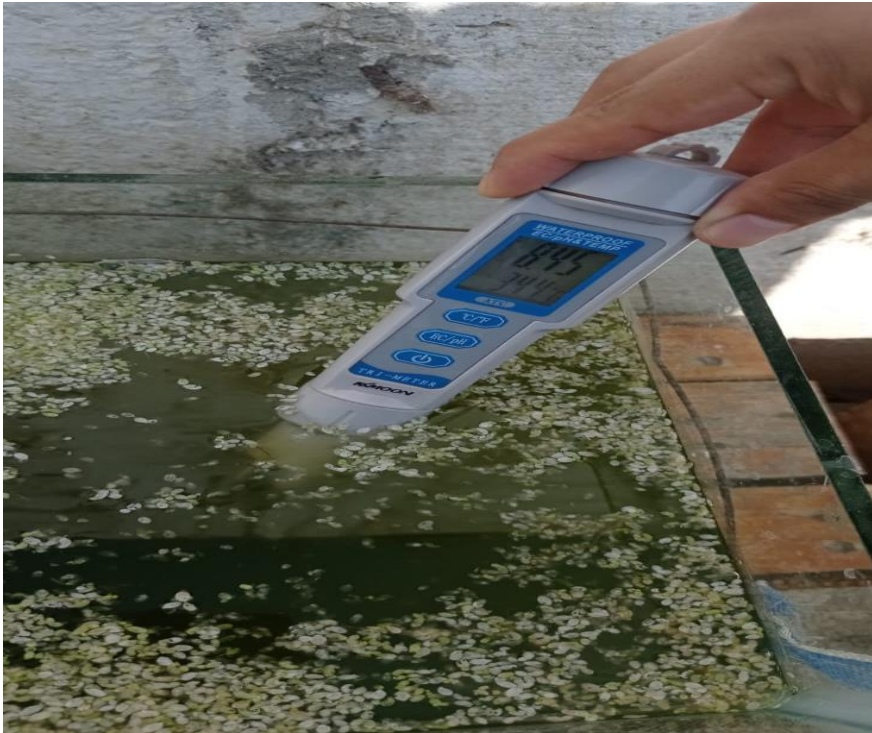
ANEXO B. Ubicación y diseño de la estructura del sistema



ANEXO C. Desarrollo de las raíces de la lemna minor por absorción



ANEXO D. Equipos aplicados en el monitoreo en campo




ANEXO E. Lemna minor extraída en los días de cosecha



ANEXO F. Certificado de curso de monitoreo de la calidad del agua




ANEXO G. Informes de Ensayo proporcionado por el laboratorio "ALAB"



ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

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



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-894

N° Id.: 0000069082

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-02761	M-23-02762	M-23-02763	M-23-02764
CÓDIGO DEL CLIENTE	AR-01	AR-02	AR-03	AR-04
COORDENADAS	E:0373367	E:0373365	E:0375952	E:0375952
UTM WGS 84	N:8513786	N:8513625	N:8516442	N:8516442
PRODUCTO	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA			
FECHA Y HORA DE MUESTREO	22-01-2023 10:44	22-01-2023 10:44	22-01-2023 13:30	22-01-2023 13:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Conductividad (*)	µS/cm	NA	0,01	1 840,00	1 818,00	1 824,00	1 814,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	547,0	270,5	248,0	211,2
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	61,737	56,969	58,148	59,321
Oxígeno Disuelto (**)	mg DOL	NA	0,10	0,47	0,20	0,18	0,67
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	7,01	6,94	7,29	7,16
Fósforo Total (*)	mg/L	0,004	0,010	12,508	10,139	9,649	9,894


(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA
 (**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "*" Menor que el L.C.M.
 L.D.M.: Límite de detección del método, "**" Menor que el L.D.M.
 NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES


Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"



ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

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



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Ensayo
Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-894


N° Id.: 0000069082

I. DATOS DEL SERVICIO


1.-RAZON SOCIAL : GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
 2.-DIRECCIÓN : Av.san Marcelo 169-villa Julia - Sunampe (chinchu)
 3.-PROYECTO : ANÁLISIS DE AGUA MUNICIPALES
 4.-PROCEDENCIA : SUNAMPE - CHINCHA
 5.-SOLICITANTE : GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000000222-2023-0000
 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
 8.-MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-01-30

II. DATOS DE ÍTEM DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua Residual
 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-01-23
 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-01-23 al 2023-01-30



Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-1369

N° Id.: 000089557

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-04571	M-23-04572			
CÓDIGO DEL CLIENTE	AR-T05	AR-C06			
COORDENADAS	E.0375952	E.0375952			
UTM WGS 84	N.8516442	N.8516442			
PRODUCTO	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO	01-02-2023 10:50	01-02-2023 10:50			
	RESULTADOS				
Conductividad (*)	µS/cm	NA	0,01	1.530,00	1.274,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	178,6	167,0
Nitrógeno Amomiacal (*)	mg/L	0,005	0,010	14,145	4,151
Oxígeno Disuelto (**)	mg DOL	NA	0,10	0,26	0,28
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	7,24	7,48
Fósforo Total (*)	mg/L	0,004	0,010	5,622	7,142

*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c* Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *c* Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-1369

N° Id.: 000089557

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.-RAZON SOCIAL : GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
- 2.-DIRECCIÓN : Av.san Marcelo 169-villa Julia - Sunampe (chinchu)
- 3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUAS MUNICIPALES
- 4.-PROCEDECIA : SUNAMPE - CHINCHA
- 5.-SOLICITANTE : GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
- 6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000000386-2023-0000
- 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
- 8.-MUESTREO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
- 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-02-09

II. DATOS DE ÍTEM DE ENSAYO

- 1.-PRODUCTO : Agua Residual
- 2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 2
- 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-02-02
- 4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-02-02 al 2023-02-09

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-1845

N° Id.: 0000070033

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-06476	M-23-06477
CÓDIGO DEL CLIENTE	AR-707	AR-C08
COORDENADAS	E-0375952	E-0375952
UTM WGS 84	N-8516442	N-8516442
PRODUCTO	Agua Residual	Agua Residual
SUB PRODUCTO	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA	
FECHA y HORA DE MUESTREO	10-02-2023 10:30	10-02-2023 10:30

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Conductividad (*)	µS/cm	NA	0,01	1 452,00	1 334,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	90,7	163,7
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	1,444	0,199
Oxígeno Disuelto (**)	mg DOL	NA	0,10	0,95	0,90
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	7,08	8,41
Fósforo Total (*)	mg/L	0,004	0,010	3,752	3,327

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *c* Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *c* Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-1845

N° Id.: 0000070033

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
2.-DIRECCIÓN	: Av san Marcelo 169-villa Julia - Sunampe (chircha)
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE AGUA MUNICIPAL
4.-PROCEDENCIA	: SUNAMPE - CHINCHA
5.-SOLICITANTE	: GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000000505-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-02-21

II. DATOS DE ÍTEM DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Residual
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-02-11
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-02-11 al 2023-02-21



Liz Y. Quijpe Quijpe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-2874

N° Id.: 0000071062

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2			
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-23-08864	M-23-08865			
CÓDIGO DEL CLIENTE	AR-T09	AR-T10			
COORDENADAS	E:0375952	E:0375952			
UTM WGS 84	N:8516442	N:8516442			
PRODUCTO	Agua Residual	Agua Residual			
SUB PRODUCTO	Agua Residual Municipal	Agua Residual Municipal			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA				
FECHA y HORA DE MUESTREO	20-02-2023 10:20	20-02-2023 10:20			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS	
Conductividad (*)	µS/cm	NA	0,01	1.743,00	1.794,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg/L	0,4	2,0	78,5	132,0
Nitrógeno Amoniacal (*)	mg/L	0,005	0,010	0,564	0,327
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	NA	0,10	0,87	0,42
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	6,73	6,50
Fósforo Total (*)	mg/L	0,004	0,010	2,191	2,894

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

□ El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *<= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *<= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-2874

N° Id.: 0000071062

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
2.-DIRECCIÓN	: Av san Marcelo 169-villa Julia - Sunampe (chíncha)
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES
4.-PROCEDENCIA	: SUNAMPE - CHINCHA
5.-SOLICITANTE	: GABRIEL ALFONSO CARBAJAL MATTA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 0000000621-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-03-06

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua Residual
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 2
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-02-22
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-02-22 al 2023-03-06

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662



ANEXO H. Cadena de custodia elaborada en la primera toma de muestra.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										L: N° 0010	M: N° 0010-01			
Datos del cliente Razón Social: General CARGASAL MATTA Persona de contacto: GABRIEL CARGASAL MATTA Correo / Teléfono: gabriel.garcia@gmail.com - 944713377 Nombre del proyecto: ANÁLISIS DE AGUA MUNICIPALES												Orden de servicio: 05-7613-0122 Pág. 1 de 1 Plan de Muestreo: CC-23-44427 Informe de ensayo: 1E-23-894 Procedencia o lugar de muestras: SUNAPE - CHINCHA				
Preservante: $MgSO_4$ $\leq 6\%$ $\leq 6\%$ $MgSO_4$ $\leq 6\%$																
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		USUARIOS DE MUESTRA				PARÁMETROS DE MUESTRA				RESULTADOS DE MUESTRA				OBSERVACIONES
		Muestra	Clasificación	Ubicación	N° Frascos	Al. Residuo Alkalí	Cloruros	D.O. 5d	Fóforo Total	Chloro. Alkalí	T°	pH	CE (mhos/cm)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	
AR-01	2761	F 22/01/23 H 16:44	AR MUNICIPAL	H 0513386 E 18637358	-	5	✓	✓	✓	✓	26.0	7.18	-	-	ENTRADA DE LAGUNA FACULTATIVA	
AR-02	2762	F 22/01/23 H 16:44	AR MUNICIPAL	H 0513325 E 18637358	-	5	✓	✓	✓	✓	29.8	6.82	-	-	SALIDA DE LAGUNA FACULTATIVA	
AR-103	2763	F 22/01/23 H 13:30	AR MUNICIPAL	H 0516442 E 18637358	-	5	✓	✓	✓	✓	33.14	7.28	-	-	AGUA RESIDUAL PARA TRATAMIENTO	
AR-504	2764	F 22/01/23 H 13:30	AR MUNICIPAL	H 0516442 E 18637358	-	5	✓	✓	✓	✓	32.14	7.24	-	-	AGUA RESIDUAL PARA CONTROL	
		F		N												
		H		E												
		F		N												
		H		E												
		F		N												
		H		E												

Descripción de equipos utilizados			Levante				Clasificación de la Muestra Agua, Ref: WTP 214362	
N°	Código interno del equipo	Nombre de equipo	F. Fecha	H. Hora	V. Versión	T° Ambiente	D3. Cond. de muestreo	SEALADO
1								SEALADO
2								SEALADO
3								SEALADO
4								SEALADO

Muestreado por		Cliente	
Nombre:	GABRIEL CARGASAL	Nombre:	GABRIEL CARGASAL
Fecha:	22/01/2023	Fecha:	22/01/2023
Firma:	<i>[Firma]</i>	Firma:	<i>[Firma]</i>

Observaciones / Comentarios:
 23 ENE 2023 14:00
 CALLAO

ANEXO I. Bases del proyecto de tesis.

Formulación del Problema

¿Cómo influye el tratamiento con Lemna Minor en la reducción del Nitrógeno y Fósforo en el agua residual urbana de la Provincia de Chincha?

Objetivo General

Determinar si el tratamiento con Lemna Minor reduce el Nitrógeno y Fósforo presentes en el agua residual urbana de la provincia de Chincha.

Hipótesis

El tratamiento con Lemna Minor es eficaz para la reducción de Nitrógeno y Fósforo del agua residual urbana de la Provincia de Chincha.

Variables de Investigación

Dado que el presente proyecto pretende explicar experimentalmente a escala laboratorio y en función a la hipótesis planteada. Las variables e indicadores han sido clasificadas en el siguiente orden:

Variable Independiente

- Eficacia del tratamiento con Lemna Minor

Indicador de la Variable Independiente

- Concentración inicial del Nitrógeno y Fósforo

- Concentración final del Nitrógeno y Fósforo

Variable Dependiente

- Reducción del Nitrógeno y Fósforo del agua residual urbana de la provincia de Chincha.

Indicador de la Variable Dependiente

- Temperatura

- Tiempo de residencia

- Volumen del lecho de la Lemna Minor

- Ph