



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**“PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES
QUÍMICOS EN AGUAS SERVIDAS DOMÉSTICAS USANDO
MACRÓFITAS ACUÁTICAS”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR (es) : Bach. Annel Lucero Panduro Panduro
Bach. Junior Rojas Vela

ASESORES : Lic. Ecol. Sheyla Lenit Pérez Gallardo. Msc

San Juan Bautista – Maynas – Loreto – Perú

2021

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre con nosotros, por permitirnos seguir adelante y cumplir con las metas que nos proponemos.

A nuestros padres, que siempre están acompañándonos, brindándonos su apoyo constante a lo largo de nuestras vidas, económicamente, la comprensión y aliento para formarnos como profesionales.

A nuestra Asesora Lic. En Ecología Sheyla Lenit Pérez Gallardo. Msc por depositar su confianza en nosotros, y por su apoyo académico y motivación en todo momento; antes, durante y después de la ejecución de la tesis para así poder concluirlo.

A nosotros mismo por poner mucha dedicación y empeño en nuestro proyecto de tesis.

**Autor (es): Annel Lucero Panduro Panduro
Junior Rojas Vela**

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida y la salud por permitirnos seguir adelante con nuestras metas propuestas.

A nuestros padres y familiares por estar siempre presente en todo momento y poder concluir con nuestro proyecto de tesis.

A la Universidad Científica del Perú, por habernos dado la oportunidad de ingresar a esta prestigiosa institución y así poder crecer como persona y formarnos como profesionales.

También va nuestro agradecimiento a todas aquellas personas que de alguna u otra forma nos brindaron su valioso tiempo e información necesaria para la realización del presente proyecto tesis.

MUCHAS GRACIAS

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS EN AGUAS
SERVIDAS DOMÉSTICAS USANDO MACRÓFITAS ACUÁTICAS"**

De los alumnos: **ANNEL LUCERO PANDURO PANDURO Y JUNIOR ROJAS VELA**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **6% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 15 de Noviembre del 2021.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

CJRA/ri-a
448-2021



Document Information

Analyzed document	UCP_2021_INGENIERIA_TESIS_ANNELPANDURO_JUNIOROJAS_V1.pdf (D117875249)
Submitted	2021-11-08 16:37:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	6%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372004000100004 Fetched: 2021-11-08 16:43:00		5
W	URL: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3751198.pdf Fetched: 2021-11-08 16:43:00		1
W	URL: https://www.udi.edu.co/revistainvestigaciones/index.php/ID/article/view/68 Fetched: 2021-11-08 16:43:00		2
SA	PROYECTO DE TESIS CLAUDIA GONZA Y EDSON RAMOS.docx Document PROYECTO DE TESIS CLAUDIA GONZA Y EDSON RAMOS.docx (D71834662)		4
W	URL: http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3256/UNFV_SANDOVAL_VILCHEZ_JOS_ELYN_DANIELA_TITULO_PROFESIONAL_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-11-08 16:43:00		1
SA	TESIS FITO.... (2).docx Document TESIS FITO.... (2).docx (D47423653)		3
W	URL: https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/491/613/ Fetched: 2021-11-08 16:43:00		1
SA	ParvinaM_Y_TenorioA_T2.docx Document ParvinaM_Y_TenorioA_T2.docx (D114373194)		1
SA	2016-178030_Limachi_G.docx Document 2016-178030_Limachi_G.docx (D61049599)		1

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°248-2018-UCP-FCEI del 28 de mayo del 2018, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|---|------------|
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra. | Presidente |
| • Ing. Suarez Rumiche Jorge, M.Sc. | Miembro |
| • Blgo. Carlos Roberto Davila Flores, M.Sc. | Miembro |

Como Asesor: al Lic. Ecol. Sheyla Lenit Perez Gallardo, Mgr.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 11:00 horas del día 07 de diciembre del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaria Académica del programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú., se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“Porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas”**

Presentado por los sustentantes: **ANNEL LUCERO PANDURO PANDURO y JUNIOR ROJAS VELA**

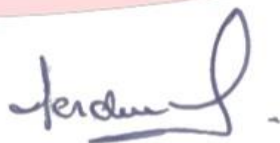
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO AMBIENTAL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

Índice de Contenido	
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
Capítulo I: Marco Teórico	11
1.1. Antecedentes del estudio	11
1.2. Bases teóricas	13
1.3. Definición de términos básicos	18
Capítulo II: Planteamiento del Problema	19
2.1. Descripción del problema	19
2.2. Formulación de problema	20
2.2.1. Problema general	20
2.2.2. Problemas específicos	20
2.3. Objetivos	20
2.3.1. Objetivos general	20
2.3.2. Objetivo específicos	20
2.4. Hipótesis	21
2.5. Variables	21
2.5.1. Identificación de las variables	21
2.5.2. Variables y su operacionalización	21
Capítulo III: Metodología	22
3.1. Tipo y diseño de investigación	22
3.1.1. Bioensayo experimental	22
3.2. Población y muestra	23
3.2.1. Población	23
3.2.2. Muestra	23
3.3. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos	23
3.4. Procesamiento de datos y análisis estadísticos	28
Capítulo IV: Resultados	29
Capítulo V. Discusión, conclusiones y recomendaciones	34
5.1. Discusión	34
5.2. Conclusiones	36
5.3. Recomendaciones	36
Capítulo VI. Referencias Bibliográficas	37

Anexo 1 Matriz de consistencia.....	39
ANEXOS N°2	40

ÍNDICE DE TABLAS

N° Titulo	pág.
Tabla 1 Valores iniciales de las aguas.	29
Tabla 2 Remoción de los contaminantes 15-30 días de ambas especies	31

ÍNDICE DE FIGURAS

N° Titulo	pág.
Figura 1 Bioensayo experimental de las macrófitas acuáticas	22
Figura 2 Recolección de la Lemna minor	38
Figura 3 Recolección de la Pistia stratiotes	38
Figura 4 Recolección del agua natural	38
Figura 5 Recolección del agua natural	38
Figura 6 Mortandad de Lemna minor	38
Figura 7 Mortandad de la Pistia stratiotes	38
Figura 8 Muestra para los análisis en kit LaMotte en la Facultad de ingeniería Química UNAP	38
Figura 9 Haciendo los análisis del Nitrito de nitrógeno y nitrógeno amoniacal -	38
Figura 10 Recipiente en la cual se utilizó para los respectivos análisis	38

RESUMEN

La remoción de contaminantes químicos en aguas servidas es posible mediante el uso de macrófitas acuáticas, ya que presentan mecanismos de defensa y son adaptables a diversos medios acuáticos. Las macrófitas se consideran como una especie valiosa en el tratamiento de aguas residuales, la absorción de contaminantes y para determinar el efecto negativo de sustancias tóxicas en el agua. El objetivo de esta investigación fue evaluar el porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas *Lemna minor* y *Pistia stratiotes*. Las macrófitas fueron expuestas a concentraciones de agua residual al 100 %, agua residual al 50 % + agua natural al 50% y un control con agua natural al 100%, en un periodo de 30 días donde se evaluó parámetros químicos, tasa de crecimiento y mortalidad. Los resultados indicaron que la tasa de crecimiento fue óptimo en ambas especies, la tasa de mortalidad fue progresivo durante la evaluación. Los parámetros que tuvieron mayor remoción con la *Pistia stratiotes* en aguas servidas fue Nitrógeno y Nitrito de nitrógeno y con *Lemna minor* fue Fósforo, Nitrógeno amoniacal y Potasio.

En conclusión, el tiempo de exposición de las macrófitas a aguas servidas induce a la remoción de contaminantes químicos.

Palabras claves: Remoción, contaminante químicos, macrófitas acuáticas, agua servida domésticas.

ABSTRACT

The removal of chemical pollutants in sewage is possible through the use of aquatic macrophytes, since they present defense mechanisms and are adaptable to various aquatic environments. Macrophytes are considered as a valuable species in the treatment of wastewater, the absorption of pollutants and to determine the negative effect of toxic substances in the water. The objective of this research was to evaluate the percentage of removal of chemical pollutants in domestic sewage using aquatic macrophytes *Lemna minor* and *Pistia stratiotes*. The macrophytes were exposed to concentrations of 100% residual water, 50% residual water + 50% natural water and a control with 100% natural water, in a period of 30 days where chemical parameters, growth rate and mortality. The results indicated that the growth rate was optimal in both species, the mortality rate was progressive during the evaluation. The parameters that had the greatest removal with *Pistia stratiotes* in sewage waters were Nitrogen and Nitrogen Nitrite and with *Lemna minor* it was Phosphorus, Ammonia Nitrogen and Potassium.

In conclusion, the exposure time of macrophytes to sewage induces the removal of chemical pollutants.

Keywords: Removal, chemical pollutants, aquatic macrophytes, domestic sewage.

Capítulo I: Marco Teórico

1.1. Antecedentes del estudio

En el proyecto de investigación titulado “Evaluación de la planta *Lemna minor* como biorremediadoras de aguas contaminadas con mercurio”, la eficiencia de esta planta durante los 22 días de exposición tuvo una remoción del 30%, las variables peso fresco, peso seco, nitrógeno y fósforo foliares no presentaron diferencias durante los dos tratamientos. La absorción de potasio, fue afectada por los niveles de mercurio. La macrófita *Lemna minor* representa una alternativa para la remoción de mercurio en aguas contaminadas hasta un nivel de 0,13 mg/L (1)

En el estudio de la “Eficiencia de tres macrófitas en la remediación de las aguas del Arroyo Miguelete” se planteó como objetivo evaluar el impacto de la aplicación de un sistema de fitorremediación en el curso del arroyo utilizamos especies de plantas en la cual *Eichornia crassipes* y la *Typha angustifolia* fueron más eficientes en los parámetros fisicoquímicos del agua. La *Pistia stratiotes* no tuvo mayor eficiencia en estas aguas, los análisis de toxicidad, las mediciones de DBO5, Nitratos y Fosfatos, indican que las especies de macrófitas tienen un impacto positivo en la remediación de aguas (2)

En el estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales, como resultados de remoción en la materia orgánica tuvo un 70 y 86% al utilizar el buchón de agua y de 58% en la lenteja de agua. Durante el experimento se observó que la lenteja de agua en el humedal artificial ésta aportó al agua elementos característicos de la planta que aumentan el pH (> 11) en el agua efluente; mientras que con el buchón de agua los valores de pH del agua están en el rango de 6 a 8, favoreciendo la estabilización de la materia orgánica dentro del sistema biológico. (3)

En la “Evaluación del Pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña”, los resultados del porcentaje de descontaminación de la lenteja de agua tuvo un 81 % a los 21 días de exposición. Este trabajo de investigación se ha desarrollado con la finalidad de aportar una solución a la problemática que presenta en la cabecera parroquial de Chicaña con el vertimiento directo de las aguas residuales. (4)

Por otro lado, en el trabajo de investigación “Determinación del potencial de absorción de cobre en solución acuosa de las especies”, tuvo como finalidad evaluar y comparar la capacidad potencial de dos especies acuáticas (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*), se evaluaron los cambios físicos en las especies vegetales, tasa de crecimiento relativo mediante la ecuación de Hunt y la cuantificación de cobre absorbido por espectrofotometría de absorción atómica bajo un sistema tipo batch por un período de 20 días. Finalmente se obtuvo que la tasa de crecimiento relativo se vio afectada después de la concentración de 10 mg/L de cobre en ambas especies, así mismo se determinó alta capacidad de absorción de cobre en las dos especies, siendo 98.87 % y 98.34% para *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*. (5)

Con respecto a la investigación de “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”, la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado, de tal forma teniendo como resultado que *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales con un porcentaje de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que *Lemna minor* obtuvo una remoción del 81,24%. (6)

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Lenteja de agua (*Lemna minor*)

Es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir en la que no se diferencian el tallo y las hojas. Consiste en una estructura plana y verde, tiene una sola raíz delgada de color blanco. Su tamaño es muy reducido alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. La lenteja de agua es una planta monoica, con flores unisexuales. (7)

Información taxonómica

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

Filum: Spermatophyta

Clase: Liliopsida.

Orden: Alismatales

Familia: Araceae

Género: Lemna.

Especie: Lemna minor (8)

Usos con la *Lemna minor*

- Alimento para animales: La lenteja de agua alcanza niveles de proteína de hasta un 38% de su biomasa. Este contenido proteínico junto con su alta palatabilidad y su facilidad de suministro, la hace ideal para alimentación de cerdos, aves o ganado. (7)
- Tratamiento de aguas residuales y fitorremediación: Se considera estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos como industriales. Las características que deben contar las plantas acuáticas usadas para el tratamiento de las aguas residuales son las siguientes: alta productividad, alta eficiencia de remoción de nutrientes y

contaminantes, alta predominancia en condiciones naturales adversas y fácil cosecha. Lemna minor cumple con todas estas características y gracias a esto ha sido empleado. (7)

- Ensayos de toxicidad: Son métodos que permiten evaluar el potencial tóxico de una sustancia sobre un organismo vivo. Estudios relacionados con el mismo tema han indicado que Lemna minor es ideal para el estudio de la toxicidad acuática, porque tales plantas son de fácil recolección y cultivo. Lemna ha resultado ser un buen organismo para utilizar en bioensayos, porque la prueba de inhibición del crecimiento es simple, sensible y económica. (7)

1.2.2. Huama(*Pistia stratiotes*)

Se caracterizan por tener las hojas gruesas, suaves, dispuestas en roseta, de color verde suave y tormentosas, de un aspecto similar al de una lechuga pueden tener hasta 14 cm de largo con las venas paralelas, onduladas, y se cubren de pelos cortos que forman la estructura de una cesta de atrapan las burbujas de aire, incrementando la flotabilidad de la planta. Las flores blancas pequeñas reunidas en un espádice en espata situado en la extremidad del escapo. (9)

Información taxonómica

Reino: Plantae

Phylum: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Arales

Familia: Araceae

Género: Pistia

Especie: Pistia stratiotes (10)

▪ **Uso de la *Pistia stratiotes***

Tratamiento de aguas: La *Pistia stratiotes* se emplea para el tratamiento de las aguas ya que acumula cadmio y cromo. La remoción de los metales implica procesos de precipitación, adsorción, quelación e intercambio iónico. La planta también disminuye la concentración de mercurio en el agua mediante recaptación y acumulación. Otros beneficios de *P. stratiotes* incluyen la remoción del nitrógeno amonio y del fósforo y la prevención de la evaporación del agua (11).

- A nivel industrial se usa en los acuarios tropicales para abastecer las cubiertas en la producción de gambas y peces de tamaños pequeños (12).
- Es de gran utilidad para que compita con las algas por los alimentos que se encuentran en el agua, lo que ayuda a prevenir la proliferación de grandes cantidades de algas no deseadas. (12)
- Son perfectas para decorar los estanques y acuarios debido a la belleza de sus hojas. (12)
- Sirven para colocarse en zonas húmedas que se encuentran en las proximidades donde hay corrientes de agua. (12)

1.2.3. Agua residual

Las aguas residuales, también llamadas efluentes, son aquellos tipos de agua que han sido utilizadas para algún fin, ya sea doméstico, industrial y/o comunitario, y que por tanto, han cambiado sus características iniciales y ya no tienen utilidad para quien la generó. (13)

- 🌈 Agua residual doméstica: Estas aguas se caracterizan por ser residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales o institucionales. Estas, además, se pueden subdividir en (14)
- Aguas negras: Se caracterizan por ser Aguas que son transportadas de la orina y lo proveniente del inodoro. (14)

- Aguas grises: Se caracterizan por ser Aguas jabonosas las cuales pueden contener grasas, provenientes de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadero y lavadora. (14)

✚ Importancia ecológica y sanitaria de las aguas residuales. Las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que portan, pueden ser causa y vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuadas sin un tratamiento previo. Algunas de estas sustancias tienen un comportamiento desconocido en los organismos vivos. El hombre está expuesto durante largos períodos a varias enfermedades crónicas, incluido el cáncer. (15)

El efecto y la repercusión que tienen algunos residuos sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que se vean afectados por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria. Es importante tener en cuenta que las aguas residuales se utilizan, sin un tratamiento previo, para el riego de cosechas de verduras y hortalizas, con el enorme riesgo que esto supone, ya que el hombre puede consumirlas crudas, pasando a él directamente la contaminación por tóxicos o microorganismos. (15)

1.2.4. Determinación del cloruro en el agua

El aumento de cloruros en agua puede tener orígenes diversos si se trata de una zona costera puede deberse a infiltraciones de agua del mar, en el caso de una zona árida el aumento se debe al lavado de los suelos producido por fuertes lluvias. El exceso de cloruros presentes en las aguas es debido por la contaminación de aguas residuales domésticas. (16)

1.2.5. Determinación del fósforo en el agua

El fósforo puede presentarse como materia orgánica, en proteínas y aminoácidos o en la forma inorgánica, como ortofosfato y polifosfato, es un nutriente esencial que contribuye al crecimiento de algas y en ciertas condiciones causa la eutrofización de lagos. El fósforo se encuentra presente en las aguas residuales domésticas principalmente como fruto de su uso en detergentes o como parte de las excreciones humanas. (17)

1.2.6. Nitrógeno en las aguas

Los nutrientes como el nitrógeno (N) y el fósforo generan importantes impactos sobre los cuerpos de agua ya que pueden incidir en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, la eutrofización y la incorporación de niveles tóxicos que pueden afectar a las comunidades biológicas y a la salud humana, inclusive en muy bajas concentraciones. Por tal razón, es fundamental la transformación y preferiblemente la eliminación del Nitrógeno del agua a sus formas menos tóxicas. (18)

1.2.7. Nitrógeno amoniacal

Las descargas de aguas residuales y domésticas incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la calidad de las mismas. En condiciones normales la fuente de nitrógeno amoniacal en aguas superficiales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. En ambos casos el nitrógeno amoniacal, se origina de la degradación del nitrógeno orgánico y este a su vez, por acción bacteriana, se va oxidando gradualmente a nitritos y finalmente a nitratos. (19)

1.2.8. Determinación del nitrito de nitrógeno

Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua. Los nitritos también se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales. (20)

1.2.9. Determinación del potasio

Se trata de uno de los cationes mayoritarios en aguas naturales, en consonancia con su amplia difusión en la naturaleza bajo forma de cloruro, sulfato, fluoruro y fosfatos, así como en arcillas y micas (en forma de K interlamilar). Pese a las oscilaciones en su concentración, en general, las aguas no suelen presentar contenidos superiores a unos 15 mg/l en este elemento. (21)

1.3. Definición de términos básicos

- ✚ Aguas residuales domésticas: Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas. (15)
- ✚ Macrófitas acuáticas: Son plantas acuáticas, tienen gran importancia y condicionan las propiedades físico-químicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas mediante la regulación de los intercambios entre los ecosistemas terrestres y acuáticos (22)
- ✚ Remoción de contaminantes: Es el proceso de tratamiento que pasa el agua para eliminar cualquier tipo de contaminante. (23)
- ✚ Contaminantes químicos: Son todas las sustancias generadas por la actividad humana y que pueden ocasionar trastornos en la salud de las personas expuestas o causar efecto negativo en el medio ambiente. (24)
- ✚ Cloruro: Son una de las sales que están presente en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimientos de agua y drenaje. El ion cloruro se encuentra con frecuencia en las aguas naturales y residuales (25)
- ✚ Fosforo: Esencial para el crecimiento de los organismos, las formas en que se puede encontrar en las aguas residuales son: Ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. (15)
- ✚ Nitrógeno: Es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los principales compuestos como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. (26)
- ✚ Nitrógeno amoniacal: Es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. (27)

- ✚ Nitrito de nitrógeno: Son especies iónicas naturales que forman parte del ciclo de nitrógeno de la tierra. Existen típicamente en el ambiente en formas solubles en agua. (28)
- ✚ Potasio: Es un elemento muy abundante y es el séptimo entre todos los elementos de la corteza terrestre; el 2.59% de ella corresponde a potasio en forma combinada. (29)

Capítulo II: Planteamiento del Problema

2.1. Descripción del problema

El agua es un recurso vital para la supervivencia de las especies en el planeta, sin embargo, solo un pequeño porcentaje de toda el agua disponible puede ser usado directamente por el ser humano, aquella que conocemos como agua potable . Según la Organización Mundial de la Salud, el ser humano solo necesita entre 50 y 100 litros de agua potable para satisfacer sus necesidades del día. En el Perú, superamos en promedio los 200 litros por persona al día, evidenciando así, la gran cantidad de agua que desperdiciamos (30)

De manera que la contaminación del agua es producida principalmente por vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros y productos químicos. Por lo tanto las condiciones del ciclo del agua ya no tiene la capacidad suficiente para limpiarla, por ello, se requieren diversos procesos para desinfectarla y hacerla apta para consumo humano. Sin embargo la complejidad de los procesos que constituyen el tratamiento del agua va a depender de las características del agua superficial que se va a tratar; por este motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos. (31)

En la actualidad muchas personas desconocen los procesos de reutilización de las aguas residuales y sus beneficios potenciales. Por ejemplo, en el caso de la agricultura, el agua residual adecuadamente

tratada es un agua con nutrientes adecuados para las tierras de sembrado. Alrededor del mundo existen casos actuales que son ejemplos exitosos del uso de tecnología moderna de tratamiento de aguas residuales, a pesar de las dificultades relacionadas con su entorno. (32)

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo; determinar el porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas, el fin es dar solución a la problemática que existen en nuestra ciudad, debido a la descarga de aguas residuales directamente a los ríos sin ningún tratamiento previo.

2.2. Formulación de problema

2.2.1. Problema general

¿Es posible remover los contaminantes químicos de las aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cuáles son los valores iniciales de los parámetros químicos de las aguas servidas domésticas expuestas a macrófitas acuáticas?

¿Cuál es la tasa de crecimiento y tasa de mortalidad de las macrófitas acuáticas expuestas a aguas servidas domésticas?

¿Cuál es el porcentaje de remoción de los parámetros químicos de aguas servidas domésticas al ser expuestas a macrófitas acuáticas?

¿Se puede usar macrófitas acuáticas para tratar aguas servidas domésticas?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivos general

Evaluar el porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas.

2.3.2. Objetivo específicos

Determinar los valores iniciales de los parámetros químicos de las aguas servidas domesticas expuestas a macrófitas acuáticas.

Conocer la tasa de crecimiento y tasa de mortalidad de las macrófitas acuáticas expuestas a aguas servidas domésticas.

Determinar el porcentaje de remoción de los parámetros químicos de las aguas servidas domésticas expuestas a macrófitas.

Elaborar una propuesta usando las macrófitas acuáticas para tratar aguas servidas domésticas.

2.4. Hipótesis

Las macrófitas acuáticas tienen la capacidad de remover los contaminantes químicos que se encuentran en las aguas servidas domésticas.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de las variables

📌 **Variable dependiente:** Remoción de los contaminantes químicos en las aguas servidas domésticas.

📌 **Variable independiente:** Macrófitas acuáticas. (*Lemna minor* y *Pistia stratiotes*)

2.5.2. Variables y su operacionalización

Variables	Indicadores	Índice
Independiente Macrófitas acuáticas	<i>Lemna minor</i> <i>Pistia stratiotes</i>	2 especies
Dependiente: Remoción de los contaminantes químicos en las aguas servidas domésticas.	▪ Cloruros ▪ Fosforo ▪ Nitrógeno ▪ Nitrito de nitrógeno ▪ Nitrógeno amoniacal ▪ Potasio	PPM

Capítulo III: Metodología

3. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Científica del Perú (UCP), ubicado en la Av. José Abelardo Quiñones Km 2,5 en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo analítico descriptivo con un diseño metodológico experimental, donde se removió los contaminantes químicos de las aguas servidas domesticas usando macrófitas acuáticas. En la siguiente figura se muestra el proceso experimental.

3.1.1. Bioensayo experimental

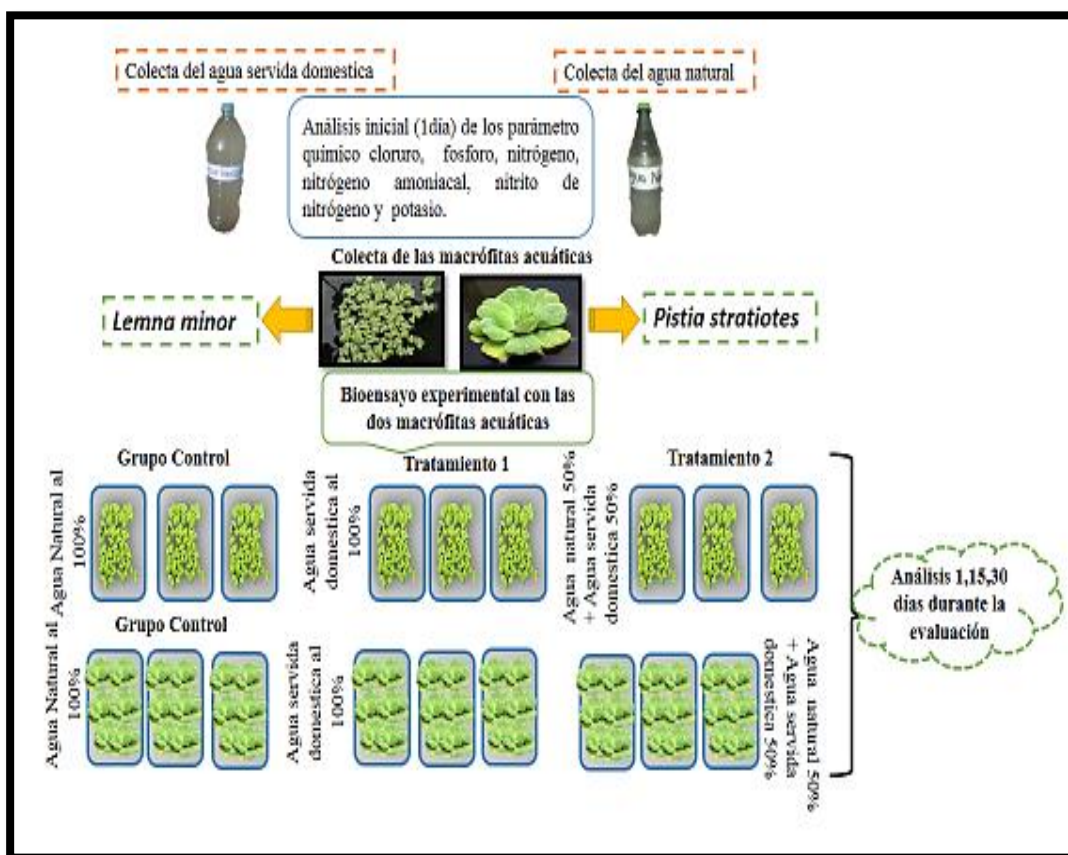


Figura 1 Bioensayo experimental de las macrófitas acuáticas

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por macrófitas acuáticas.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo conformado por dos especies de macrófitas acuáticas; *Pistia stratiotes* (Huama) y *Lemna minor* (Lentejita de agua).

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Técnicas para la recolección de datos

Se procedió a recopilar los datos utilizando las siguientes técnicas:

Observación: Estuvo dirigida a la obtención de información directa de los resultados del porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domestica usando macrófitas acuáticas.

La remoción de cloruro, fosforo, nitrito de nitrógeno, nitrógeno amoniacal, nitrógeno y potasio se analizó al principio y final de la evaluación, estos análisis se realizaron con un kit LaMotte de análisis de agua. Asimismo, se evaluó la tasa de crecimiento y de mortalidad de las macrófitas acuáticas expuestas a aguas servidas domésticas. Para determinar el porcentaje de remoción se siguió la siguiente fórmula (33)

Dónde:

- VPi: Valor parámetro inicial
- VPf: Valor parámetro final

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VPi - VPf}{VPi} \times 100$$

Tasa de crecimiento relativo:

$$r = \frac{\ln WFi - \ln WLi}{t}$$

Donde:

- r: la tasa de crecimiento relativo (TCR).
- WF y WI: son el peso final e inicial de cada planta (i) dentro de cada tratamiento.
- t: el tiempo (t) (duración total del experimento).

La tasa de mortalidad será determinada con el uso de la siguiente fórmula (34)

$$\frac{\text{numero de muertes en el periodo de tiempo}}{\text{poblacion total promedio en el mismo periodo}} (x10n)$$

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos que se utilizó fueron los siguientes:

- a. Fichas o guías de observación. Se utilizó para registrar la información de la identificación de la capacidad de remoción de las macrófitas
- b. El equipo que se utilizó para el análisis de los contaminantes químicos fue el kit LaMotte de análisis de agua y en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana para los respectivos análisis químicos.

3.3.3. Procedimientos de recolección de datos

3.3.3.1. Recolección de macrófitas acuáticas

Se recolectó dos especies: *Pistia stratiotes* (Huama) y *Lemna minor* (Lentejita de agua) de dos puntos de la ciudad de Iquitos (Piscigranja Experimental de la UNAP carretera Iquitos Nauta Km.6 y del fundo la Furia, carretera Zungarococha), considerando al momento de su colecta el buen aspecto de las plantas, similitud en tamaño y color de hojas, así como también el aspecto de las raíces.

Las macrófitas acuáticas fueron colectadas de forma manual y fueron almacenadas en bolsas de plásticos para posteriormente ser transportadas al lugar donde se realizó el bioensayo experimental (pasaje las Cañitas N°273 Joaquín Abenzur), posteriormente estas macrófitas acuáticas fueron puestas en bandejas para su limpieza y uso en los tratamientos de remoción.

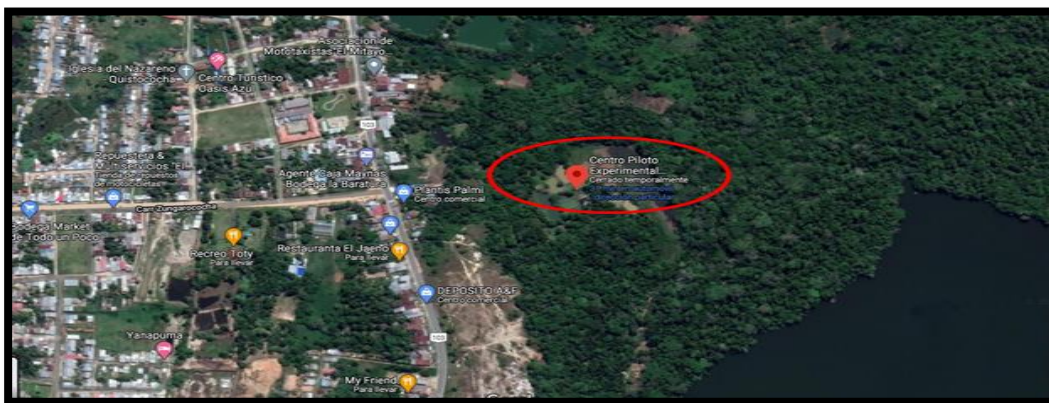


Imagen 1 Centro piloto experimental-Piscigranja Quistococha UNAP



Imagen 2 Fundo la Furia-Carretera Zungarococha

3.3.3.2. Recolección del agua del medio natural

La colecta se realizó del Puerto Porvenir de Pampa chica, se usó botellas medibles, embudos y mallas. Se colectó 20 litros de agua, se usó 18 litros para los tratamientos y 2 litros para el análisis inicial de los parámetros y determinar con cuantos PPM (parte por millón) ingresó a los tratamientos de remoción.

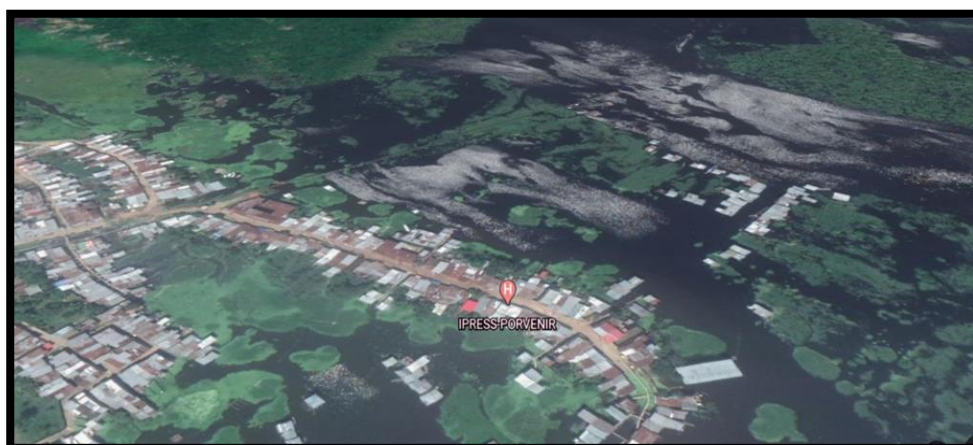


Imagen 3 Puerto Porvenir Pampa chica-Loreto

3.3.3.3. Recolección de las aguas servidas domesticas

Para la colecta de las aguas servidas domesticas se usó un equipo de protección personal, así como también un balde, malla para filtrar partículas pequeñas y botellas. Se colecto 20 litros de agua.



Imagen 4 Vertimiento de agua servida domestica Lago Moronococha

3.3.3.4. Análisis de los contaminantes químicos de las aguas servidas domésticas y de su medio natural

Para los análisis de (Nitrógeno Amoniacal, Nitrito de Nitrógeno), se usó 1 litro de agua con la ayuda de un Kit LaMotte en el Laboratorio de Biotecnología y Bioenergética (UCP), después se trasportó 1litro de agua a la Facultad de Ingeniería Química UNAP para los análisis de los análisis de (Cloruro, Fosforo, Nitrógeno y Potasio).

Los análisis se realizó por un periodo de 30 días y se evaluó en tres fechas: al inicio día 01, al intermedio día 15 y al finalizar día 30. Los análisis se realizaron de la siguiente manera:

▪ Cloruro con el método volumétrico:

El Método consiste en una titulación por precipitación a temperatura ambiente de disoluciones generalmente de cloruros, con disolución valorada de nitrato de plata 0,1000 M, formando un precipitado blanco poco soluble de cloruro de plata y empleando como indicador una disolución de cromato de potasio al 5 % m/v. En el punto final los iones cromato

reaccionan con los iones plata formando un precipitado de color rojo anaranjado, escasamente solubles. (35)

▪ **Fosforo con el método espectrofotométrico:**

1. Añadimos 1 mL de ácido sulfúrico concentrado y 5 mL de ácido nítrico concentrado.
2. Colocar en la plancha calefactora a baja temperatura dentro de la cabina extractora hasta casi sequedad.
3. Asegurar que esta digestión se torne incolora por volatilización del HNO_3 remanente. Retirar de la plancha, dejar enfriar y adicionar 20 mL de agua, fenolftaleína y NaOH 8N hasta la aparición de un débil tinte rosado, dejar enfriar nuevamente.
4. Llevar a 100 mL en balón aforado con agua las muestras, los blancos y patrones. Una vez enrasadas las muestras, trasvasar una alícuota de 50 mL a un Erlenmeyer de 125 mL.
5. Adicionar a cada muestra 8 mL del reactivo combinado y agitar; luego dejar desarrollar color a los menos 10 minutos; antes de 30 minutos, leer absorbancias a 880 nm. Las diluciones de fósforo deben trabajarse previo el desarrollo de color, empleando el excedente de muestra digerida, una vez concluya este paso, se procede al desarrollo de color, y posterior lectura. (36)

▪ **Nitrógeno con el método Kjeldahl**

La muestra se descompone en caliente medio sulfúrico en presencia de un agente reductor catalizador (mercurio, cobre o selenio). También suele adicionar una sal neutra para aumentar el punto de ebullición de la disolución del ácido sulfúrico. De esta forma aumenta la temperatura del trabajo con el cual favorece la descomposición, el tratamiento transforma el nitrógeno de la muestra en NH_4^+ . Posterior adición de una base fuerte libera el NH_3 que es arrastrado hasta un frasco colector por destilación en corriente de vapor. (37)

▪ **Nitrógeno amoniacal:**

- 1) Llene el tubo de ensayo (0106) con 2.5 mL de muestra de agua.

2) Agregue 2 gotas de reactivo de nitrógeno amoniacal #1 (4797wt). Tape y mescle. Espere 5 minutos.

3) Inserte el tubo de ensayo en el interior de la barra deslizante de ocho caracteres (3438).

4) Indica como ppm de nitrógeno amoniacal (NH₃N).

▪ Nitrito de nitrógeno:

1) Llene el tubo de ensayo (0106) con 1.25ml con muestra de agua.

2) Diluir a 2.5 ml con el reactivo ácido mixto (v-6278).

3) Use 0.1g con la cuchara (0699) para agregar 0.1g del reactivo revelador de color (v-6281). Tape y mescle por un minuto. Espere 5 minutos.

4) Inserte el tubo de ensayo en el interior de la barra deslizante de ocho caracteres (3437).

5) Registre como ppm de nitrógeno de nitrito (No₂N).

▪ **Potasio con el método colorimétrico**

1. Etiquete los tubos. Muestra, control, paciente, etc. Se necesita un blanco.

2. Pipetee 1.0 ml de reactivo de Potasio a todos los tubos.

3. Pipetee 0.01 ml (10 µL) de muestra en los tubos respectivos.

4. Mezcle bien e incube a temperatura ambiente por 3 minutos. Después de tres minutos, ponga el espectrofotómetro en ceros con blanco de reactivo a 500 nm.

5. Lea y registre la absorbancia de todos los tubos. (38)

3.4. Procesamiento de datos y análisis estadísticos

Se determinó el porcentaje de remoción de los contaminantes químicos para saber cuál es la diferencia estadística entre estas dos macrófitas acuáticas y observar la capacidad de remoción de los contaminantes químicos, así también se pudo obtener la relación de la tasa de crecimiento y mortalidad de las dos macrófitas acuáticas. Los datos se analizaron por la estadística descriptiva e inferencial mediante el programa IBM Statistics 20 y los gráficos se diseñaron en ANVA con prueba de HSO de Tukey.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Valores iniciales de los parámetros químicos de las aguas servidas domesticas expuestas a macrófitas acuáticas

Tabla. 01 Valores iniciales del agua natural y el agua residual.

Análisis Iniciales –Tiempo(1er día)		
Parámetros	Agua natural	Agua residual
Cloruros	1,24ppm	3.02ppm
Fosforo	N.D	2.89ppm
Nitrógeno	N.D	35.00ppm
Nitrógeno amoniacal	N.D	1.50ppm
Nitrito de nitrógeno	N.D	0.5ppm
Potasio	N.D	2.35ppm

Leyenda N.D (No detectado) PPM (Partes por millón)

Con respecto a la evaluación inicial del agua natural y agua residual, se observó que en el agua natural el mayor valor fue en el cloruro con 1,24ppm, el fosforo, nitrógeno, nitrógeno amoniacal, nitrito de nitrógeno y potasio no presentaron valor inicial. En el agua residual el nitrógeno presento el mayor valor con 35,00ppm y el cloruro el menor valor con 3.02ppm, seguido del fosforo con 2.89ppm, potasio con 2.35ppm, nitrógeno amoniacal con 1.50 ppm y el nitrito de nitrógeno con 0,5ppm.

4.1.2. Tasa de crecimiento y tasa de mortalidad de las macrófitas acuáticas expuestas a aguas servidas domésticas.

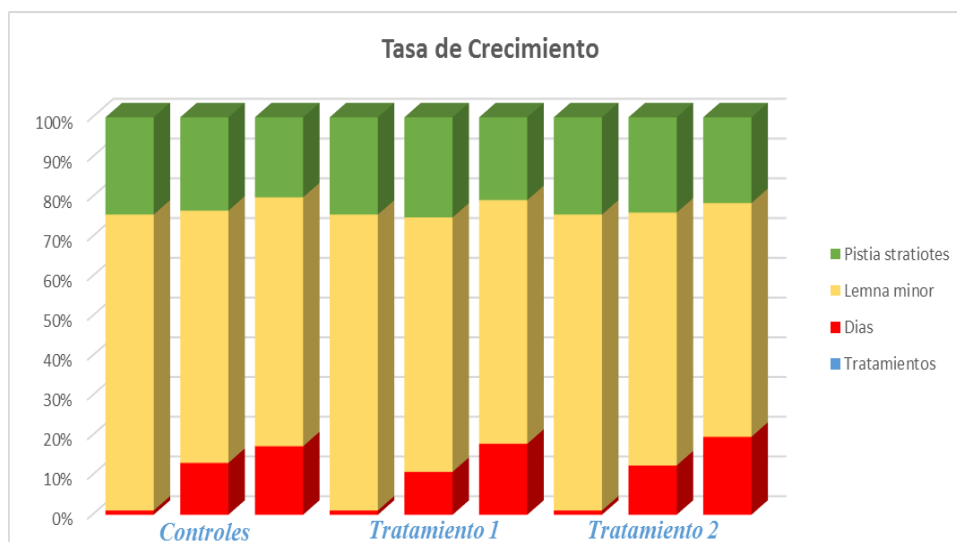


Figura 01. Tasa de crecimiento de las macrófitas acuáticas durante el tiempo de evaluación

En general la macrófita que tuvo la mayor tasa de crecimiento fue *Lemna minor*, esto se dio debido a que se adaptó rápidamente a los cambios durante el proceso de evaluación. A diferencia de la macrófita *Pistia stratiotes* que mostro menor tasa de crecimiento.

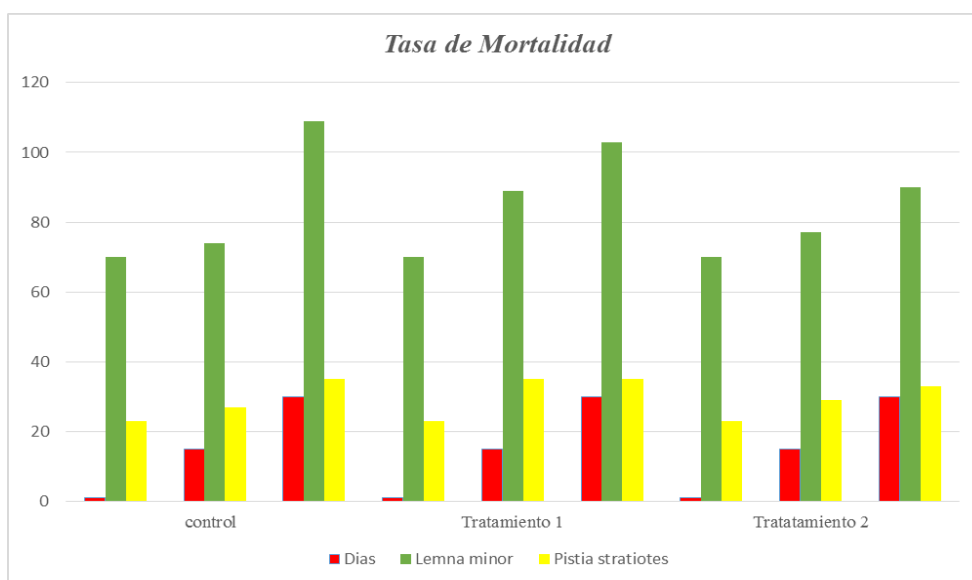


Figura 02. Tasa de mortalidad de las macrófitas acuáticas durante el tiempo de evaluación

En General, la macrófita que presento la mayor mortandad fue *Lemna minor* y la que presento menor mortandad fue *Pistia Stratiotes*.

4.1.3. Porcentaje de remoción de los parámetros químicos de las aguas servidas domesticas expuestas a macrófitas acuáticas

Tabla 02 Remoción de parámetros químicos de las aguas servidas expuestas a macrófitas acuáticas

Tratamientos	Días	Especies											
		<i>Lemna minor</i>						<i>Pistia stratiotes</i>					
		Cl	P	N	N.Nitro	N.Amo	K	Cl	P	N	N.Nitro	N.Amo	K
T1	15	168.98	0.69	0.57	1.9	0.18	0.56	253.71	1.07	0.23	1.62	0.55	0.83
	30	274.52	0.16	0.86	0.16	0.15	0.9	378.67	0.44	0.69	N.D	0.63	0.25
T2	15	89.35	0.46	0.4	1.9	0.18	0.43	135.14	0.61	0.15	0.37	0.12	0.51
	30	157.97	0.01	1.38	0.89	0.18	0.05	219.58	0.14	1.38	N.D	0.18	0.11
Control	15	18.70	N.D	0.05	N.D	N.D	N.D	21.92	N.D	0.03	N.D	N.D	N.D
	30	15.68	N.D	0.47	N.D	0.10	N.D	17.16	N.D	0.33	N.D	0.16	N.D

Leyenda: Cloruro (cl), Fosforo (P), Nitrógeno(N), Nitrógeno amoniacal (N.Amo), Nitrito de nitrógeno (N.Nitro) y Potasio (K)- (ppm) Partes por millón, N.D: No detectado

De manera general, ambas macrófitas presentaron remoción durante la evaluación. La macrófita *Lemna minor* en agua residual presentó remoción en los siguientes parámetros: Nitrógeno 0.57-0.86ppm, nitrógeno amoniacal 0.18-0.15ppm, fosforo 0.69-0.16ppm y potasio 0.56-0.9ppm. Del mismo modo en la *Pistia stratiotes* presentaron remoción en los siguientes parámetros: Nitrógeno 0.23-0.69 ppm, nitrógeno amoniacal 0.55-0.63ppm, nitrito de nitrógeno 1.62ppm -N.D, fosforo 1.07-0.44ppm y potasio 0.83-0.25ppm. Entre los días 15 y 30 de evaluación.

Por otro lado, en el agua residual más agua natural ambas macrófitas acuáticas tuvieron remoción ya sea en el fosforo, nitrógeno, nitrógeno amoniacal, nitrito de nitrógeno y potasio. De igual forma los parámetros que no presentaron remoción con *Lemna minor* es cloruro 168.98 -274.52 ppm y nitrito de nitrógeno 1.9 – 0.16ppm y con *Pistia stratiotes* es cloruro 253-378.67ppm.

Así mismo en el control (agua natural) los valores de *Lemna minor* que no presentaron variación en los siguientes parámetros: fosforo, nitrito de nitrógeno, nitrógeno amoniacal y potasio, (N.D); los que no presentaron remoción son: Cloruro 18.70-15.68ppm, nitrógeno 0.05 -0.47 ppm y nitrógeno amoniacal 0.10ppm. En *Pistia stratiotes* los que no presentaron variación en los siguientes parámetros: Fosforo, nitrito de nitrógeno, nitrógeno amoniacal y potasio (N.D); los que no presentaron remoción son: Cloruro 21.92-17.16 ppm, nitrógeno 0.03 -0.33 ppm y nitrógeno amoniacal 0.16ppm.

4.1.1. Propuesta para el uso de las macrófitas acuáticas para tratar las aguas servidas domésticas

Biorremediación y reutilización de aguas residuales domésticas usando macrófitas acuáticas.

Este trabajo está diseñado para disminuir o remover de los contaminantes químicos, físicos y biológicos de las aguas residuales de la ciudad de Iquitos que hoy en día son vertidas directamente a los ríos sin antes haber pasado por un proceso de tratamiento, ya que en la actualidad no se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y así dar una solución esta problemática ambiental.

Se propone crear un sistema de tratamiento de aguas residuales, el cual consistirá en implementar estanques para la recepción y descarga que contenga tres especies de macrófitas acuáticas (*Pistia stratiotes*, *Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*), para la remoción de los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual lo cual fue determinada su eficacia en este estudio. Se realizara análisis iniciales y finales para conocer el valor de los contaminantes al ingresar y salir del sistema del tratamiento.

Finalmente, se pretende obtener agua que puede ser utilizada para regadíos de áreas verdes de la ciudad y también ser vertidas directamente a los ríos de manera segura, de que no contaminara el agua, contribuyendo así a frenar la contaminación de los ríos de la ciudad de Iquitos por aguas residuales.

Capítulo V. Discusión, conclusiones y recomendaciones

5.1. Discusión

Las aguas residuales son de composición variada provenientes de descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y de cualquier otro uso. La fitorremediación con plantas acuáticas es una alternativa de tratamiento económica para aguas residuales. (Mendoza Guerra 2016)

Los valores iniciales de los parámetros químicos en cloruros 3.02ppm, fosforo 2.89ppm, nitrógeno 35ppm, nitrógeno amoniacal 1.50ppm, nitrito de nitrógeno 0.5pmm y potasio 2.35ppm; estos resultados son similares a lo obtenido en el estudio realizado por (Coronel Castro 2016), deduce que en el agua residual la concentración inicial de nitritos ingresó con 1.03 mg/l, en cloruros la concentración inicial ingresó con 09.29 mg/l, en el fosforo y nitrógeno las concentraciones iniciales son: 5 y 0.35 mg/l (Quispe Benavides y Ayala Amaringo 2019), en cuanto al nitrógeno amoniacal tiene una concentración inicial 3.5 mg/l (Gualán Medina 2016) y en el potasio se determinó la concentración inicial de 0.23mg/l en aguas residuales. (Gómez, Peña y Escalante 2019)

Con respecto a la tasa de crecimiento los resultados obtenidos en esta investigación fueron similares a lo reportado por (Hernández y Miranda 2016); en *Lemna minor* durante los diez días de evaluación obtuvo el triple del valor de siembra y en el día veinte aumentó más de veinte veces, logrando así una alta tasa de crecimiento. La *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* tuvieron un buen crecimiento en agua residuales municipal, el cultivo de las plantas acuáticas emergentes se realizó durante cuatro meses de crecimiento. (Quispe Benavides y Ayala Amaringo 2019). Asimismo en la tasa de mortalidad en un estudio realizado por (Cartagena Mónica 2019), en los resultados obtenidos en esta investigación mostraron la capacidad de biorremediación, los valores de concentraciones de mercurio son: 0.01 y 0.1 mg/l de tal forma no afectó el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por lo contrario los valores de mercurio más elevados de 1.0 y 10.0 mg/l dónde estás plantas (*Lemna minor*, *Eichornia crassipes* y *Elodea canadenses*) sufrieron una alta tasa de mortalidad.

Los resultados obtenidos en fósforo y nitrógeno (0.16-0.86ppm) son similares a los obtenidos por Quispe-Ayala (2018), donde la capacidad de remoción de nitrógeno y fósforo en las aguas residuales en el cultivo de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* reportaron valores 70%-80%, y 55%-60%. De igual manera (Miranda, Cuello y Hernández 2018), obtuvieron porcentaje de remoción de 72% Fósforo y 95% Nitrógeno con *Lemna minor*. Así mismo (Jácome Gómez 2017), en el tratamiento de aguas residuales generados por UFPSO (Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña) obtuvo una remoción de nitrógeno amoniacal durante los 0 a 3 días de un 75.27 %, de 0 a 6 días un 78.76% y de 0 a 9 días un 83.93 % con *Lemna minor*.

En la remoción de fósforo con *Pistia stratiotes* obtuvo el valor de 0.44 ppm, siendo estos resultados son similares a lo obtenido por (Andrade Jiménez 2015), la cantidad de fósforo presente en el agua residual doméstica con *Pistia stratiotes* es de 1.92 mg/l, se considera una disminución en comparación con los resultados obtenidos en el análisis inicial de 12.85 mg/l disminuyendo en un total de 85,06 %.De igual modo (Mendoza, Pérez y Galindo 2018) deduce que la eficiencia de remoción que presentaron en los microcosmo con 100% y 50% con cobertura de *Pistia stratiotes*, excepto DBO5. Se alcanzaron remociones de nitrito 78,5% amonio 8,6%.

Para finalizar se determinó que las macrófitas acuáticas son plantas que pueden ser utilizados para remover diversos contaminantes químicos del agua, ya que presentan diversas adaptaciones y mecanismos de tolerancia al estrés durante los procesos de evaluación con aguas servidas domésticas y otros tipos de aguas contaminadas.

5.2. Conclusiones

- ✚ Se determinó los valores iniciales de los parámetros químicos en las aguas servidas domésticas, siendo el parámetro con mayor valor el nitrógeno con 35ppm y de menor valor el nitrito de nitrógeno con 0.5ppm.
- ✚ La macrófita acuática que tuvo mayor tasa crecimiento y mayor tasa de mortalidad fue *Lemna minor*, a diferencia de la macrófita *Pistia stratiotes* que tuvo un crecimiento y mortandad normal.
- ✚ Se evidencio que hubo remoción favorable en los contaminantes químicos en las dos macrófitas acuáticas.
- ✚ Se realizó la propuesta del uso de macrófitas acuáticas para tratar aguas servidas domésticas.

5.3. Recomendaciones

- ✚ Los valores obtenidos de los parámetros evaluados fueron obtenidos a solo 30 días de evaluación, pero queda la posibilidad de obtener mayor remoción a mayor tiempo de exposición.
- ✚ Se recomienda realizar análisis físicos y biológicos con el fin de obtener un estudio más completo de la eficiencia de estas macrófitas acuáticas.
- ✚ Promover este tipo de investigaciones a escala industrial para determinar la efectividad que pueden llegar a tener.

Capítulo VI. Referencias Bibliográficas

1. Evaluación de la planta *Lemna minor* como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. Adolfo, D. Arenas, Marcó, Lué-Merú y TorresGosmyr. 3, La Serena, Chile : Avances en Ciencias e Ingeniería, 2011, Vol. 2. 0718-8706.
2. Claudio Lacuesta, Melissa Cristobal. Eficiencia de tres macrófitas en la remediación de las aguas del Arroyo Miguelete.
3. Estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando lentejas y buchón de agua en humedales artificiales. Juan Pablo Rodríguez Miranda, Esteban Gómez , Laura Garavito. 1, Bogota : Tecnología y Ciencias del Agua, 2010, Vol. 1.
4. Medina, Segundo Daniel Gualán. “Evaluación del Pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) como especies fitorremediadoras para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chicaña, Provincia de Zamora Chinchipe.”
5. Determinacion del potencial de absorcion de cobre en solucion acuosa de las especies *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*. Yazmin Barreto, José Paredes. 1-2, s.l. : Investigación y Amazonía, 2017. ISSN 2224-445X.
6. Castro, Elver Coronel. “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”.
7. La lenteja de agua (lemna minor L.): una planta acuática promisorio. Arroyave, María Del Pilar. 1, Medellin : Revista EIA, 2004. 1794-1237.
8. Galan, Carlos. El árbol de la vida : Biodiversidad online. *Lemna minor*.
9. Erika. Blog Garden Cente. *Pistia stratiotes*, planta acuática de un gran valor ornamental.
10. Jesús, Silvia de Jesús de. Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México . *Pistia stratiotes* L.
11. Tripathi P, Kumar R, Gupta R. *Pistia Stratiotes*. Laboratorios Bagó Bibliografías :*Pistia stratiotes* es una planta con propiedades terapéuticas y preventivas.
12. Tripathi P, Kumar R, Gupta R y colaboradores. *Pistia Stratiotes* .
13. C.Pire. La Contaminación. Las aguas residuales: tipos y características.
14. Sandra Paola Pulido, Viviana Alejandra Miranda,Marlon Guzman Guavita,Edgar Javier Molano. Origen y Características de las aguas residuales.
15. López, M. Espigares García Y J. A. Pérez. Aguas residuales.

16. Determinación de cloruro. Grupo de Tratamiento de aguas residuales.
17. Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna. Teixeira Correia, Gleyce, y otros. 67, Medellín : Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia,, 2013. 0120-6230.
18. Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. Cardenas Calvachi, Gloria Lucia ,Sanchez Ortiz, Iván Andrés. 1, San Juan de Pasto, Nariño : Universidad y Salud, 2013, Vol. 15. 2389-7066/0124-7107.
19. González, Lourdes. Nitrógeno amoniacal, importancia de su determinación.
20. Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. Erika Cabrera Molina, Lucía Hernández Garcia,Diego Humberto Gómez Ruíz, Ma. del Pilar Cañizares Macías. 1, Mexico : Revista de la Sociedad Química de México, 2003, Vol. 47. 0583-7693.
21. Maldonado, Diana Bianyth Gallego.Caracterización de las macrófitas del humedal meandro del say como insumo de las herramientas de conservación.
22. Expertos en el tratamiento del agua. Remocion de contaminantes.
23. Alavert, Maria Fabiola Gomez. Contaminantes quimicos . Málaga : Dep.Legal:GR 2022/2007, 2009. 1988-6047.
24. Garcia, Luis Fernando Gomes. Indicadores de calidad de agua.
25. Ing. Agr. Carlos Perdomo, Ing. Agr. Mónica Barbazán. Nitrogeno .
26. Propiedades químicas del Potasio - Efectos del Potasio sobre la salud - Efectos ambientales del Potasio.
27. Planta de tratamiento de aguas residuales domesticas en el Perú.
28. Camacho, Nadia Cristina Chulluncuy. Tratamiento de agua para consumo. Lima : Ingeniería Industria, 2011. 1025-9929.
29. Jáuregui, Luis Francisco Arce. Urbanizaciones sostenibles: descentralización del tratamiento de aguas residuales. Abril de 2013.
30. Fitodepuración de aguas residuales domesticas con poaceas: *Brachiaria mutica*, *Pennisetum purpureum* y *Panicum maximun* en el Municipio de Popayán, Cauca. Giovani Hernán Palta-Prado, Sandra Morales-Velasco. 02, s.l. : Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 2013, Vol. 11. 1692-3561.

Anexo 1 Matriz de consistencia

Título “Porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores	Metodología
Problema general ¿Es posible remover los contaminantes químicos de las aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas? Problemas específicos ¿Cuáles son los valores iniciales de los parámetros químicos de las aguas servidas domésticas expuestas a macrófitas acuáticas? ¿Cuál es la tasa de crecimiento y tasa de mortalidad de las macrófitas acuáticas expuestas a aguas servidas domésticas? ¿Cuál es el porcentaje de remoción de los parámetros químicos de las aguas servidas domésticas al ser expuestas a macrófitas acuáticas? ¿Se puede usar macrófitas acuáticas para tratar aguas servidas domésticas?	Objetivo general Evaluar el porcentaje de remoción de contaminantes químicos en aguas servidas domésticas usando macrófitas acuáticas. Objetivos específicos Determinar los valores iniciales de los parámetros químicos de las aguas servidas domesticas expuestas a macrófitas acuáticas. Conocer la tasa de crecimiento y tasa de mortalidad de las macrófitas acuáticas expuestas a aguas servidas domésticas. Determinar el porcentaje de remoción de los parámetros químicos de aguas servidas domesticas expuestas a macrófitas. Elaborar una propuesta para usar las macrófitas acuáticas para tratar aguas servidas domésticas.	Las macrófitas acuáticas tienen la capacidad de remover los contaminantes químicos que se encuentran en las aguas servidas domésticas.	 Variable dependiente: Remoción de los contaminantes químicos presentes en las aguas servidas domésticas.  Variable independiente: Macrófitas acuáticas. (<i>Lemna minor</i> y <i>Pistia stratiotes</i>)	Tipo y diseño de la investigación Fue de tipo analítico descriptivo con un diseño metodológico experimental, donde se removió los contaminantes químicos de las aguas servidas domesticas usando macrófitas acuáticas. Población: Estuvo constituida por macrófitas acuáticas. Muestra: Estuvo conformado por dos especies de macrófitas acuáticas; <i>Pistia stratiotes</i> (Huama) y <i>Lemna minor</i> (Lentejita de agua).

ANEXOS N°2



Figura 2 Recolección de la Lemna minor



Figura 3 Recolección de la Pistia stratiotes



Figura 4 Recolección del agua residual



Imagen 5 Recolección del agua natural



Imagen 6 Mortandad de la Lemna minor



Figura 7 Mortandad de la Pistia stratiotes



Figura 8 Muestra para los análisis en kit LaMotte en la Facultad de ingeniería Química UNAP

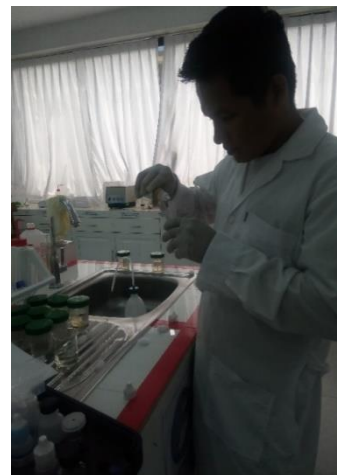


Figura 9 Haciendo los análisis del Nitrito de nitrógeno y nitrógeno amoniacal



Figura 10 Recipiente en la cual se utilizó para los respectivos análisis