



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA



**“Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de
parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada
Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2015”**

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO SANITARIO**

AUTOR:

Bach. Katty Lizeth Vargas Torres

ASESOR:

Ing. Ángel Tuesta Casique

N° de Registro 06053515

Moyobamba-Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



“Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas en la quebrada Azungue de la Ciudad de Moyobamba, 2015”.

PRESENTADO POR:

Bach. Katty Lizeth Vargas Torres

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado el día 05 de mayo del 2017

.....
Ing. M.Sc. Yrwin Francisco Azabache Liza
Presidente

.....
Ing. M.Sc. Gerardo Cáceres Bardález
Secretario

.....
Econ. Wilhelm Cachay Ortiz
Miembro

.....
Ing. Ángel Tuesta Casique
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Katty Lizeth Vargas Torres, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 72912981, con la tesis titulada “Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la Ciudad de Moyobamba, 2015”

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores). Plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información de ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 08 de junio del 2018



.....
Katty Lizeth Vargas Torres

DNI N° 72912981



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Vargas Torres Katty Lizeth	
Código de alumno :	115214	Teléfono: 965 778 885
Correo electrónico :	Katty061693@gmail.com	DNI: 72912981

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	"Evaluación de Eichhornia crassipes y Lemna minor en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, 2015"
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

03 / 07 / 2018



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A mis padres que me dieron la vida que con mucho esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional supieron guiarme por el camino correcto. A mi familia en general que también son parte de este proyecto, por el granito de arena que brindaron en mi formación como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por el sostén y la fuerza que me dieron, para seguir adelante y alcanzar mi objetivo a pesar de las dificultades que se presentaban.

A Danilo López Santillana por su apoyo incondicional durante todo el proceso para realizar mi proyecto.

A mi Asesor de tesis, Ingeniero Ángel Tuesta Casique, por su apoyo y estima hacia mi persona.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas	5
1.3. Definición de términos	12
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1. Materiales	16
2.2. Métodos.....	16
2.2.1. Tipo y nivel de investigación	16
2.2.2. Diseño de investigación	16
2.2.3. Población y muestra	17
2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
2.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	18
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1. Resultados	19
3.1.1. Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azunge.....	19
3.1.2. Analizar los parámetros de las aguas residuales domésticas tratadas con macrófitas	23
3.1.2.1 Determinar el porcentaje de remoción que obtuvo cada macrófita con respecto a cada parámetro	35

3.1.3. Determinar si los valores obtenidos de remoción de parámetros por cada sistema son eficientes con relación a los límites máximos permisibles para PTAR.....	39
3.2. Discusión.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de SST de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP	19
Tabla 2: Comparación de DBO de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP.....	20
Tabla 3: Comparación de pH de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP.....	20
Tabla 4: Comparación de Coliformes Termotolerantes de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP.....	21
Tabla 5: Comparación de temperatura de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP.....	22
Tabla 6: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> –SST	23
Tabla 7: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> – SST	24
Tabla 8: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> – Turbiedad	25
Tabla 9: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> – Turbiedad	26
Tabla 10: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> – Temperatura	27
Tabla 11: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> – Temperatura	28
Tabla 12: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> – DBO.....	29
Tabla 13: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> – DBO.....	30
Tabla 14: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> – pH.....	31
Tabla 15: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> – pH.....	32
Tabla 16: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> – Coliformes Fecales.....	33
Tabla 17: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> – Coliformes Fecales.....	34
Tabla 18: Comparación entre macrófitas de % de Remoción de sólidos suspendidos	35
Tabla 19: Comparación entre macrófitas de % de Remoción de Turbiedad.....	36
Tabla 20: Comparación entre macrófitas de % Remoción de DBO	37
Tabla 21: Comparación entre macrófitas de %de Remoción de Coliformes	38
Tabla 22: Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR	39
Tabla 23: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-SST	39

Tabla 24: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-SST.....	41
Tabla 25: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Temperatura	42
Tabla 26: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Temperatura.....	43
Tabla 27: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-DBO.....	44
Tabla 28: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-DBO.....	45
Tabla 29: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-pH.....	46
Tabla 30: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-pH	47
Tabla 31: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes	48
Tabla 32: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comparación de SST entre ARDAZ y LMP	19
Figura 2: Comparación de DBO entre ARDAZ y LMP	20
Figura 3: Comparación de pH entre ARDAZ y LMP	21
Figura 4: Comparación de Coliformes termotolerantes entre ARDAZ y LMP.....	22
Figura 5: Comparación de Temperatura entre ARDAZ y LMP	22
Figura 6: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> - SST.....	23
Figura 7: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> - SST	24
Figura 8: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> - Turbiedad.....	25
Figura 9: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> - Turbiedad	26
Figura 10: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> -Temperatura.....	27
Figura 11: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> -Temperatura	28
Figura 12: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> -DBO.....	29
Figura 13: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> -DBO.....	30
Figura 14: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> -pH	31
Figura 15: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> -pH.....	32
Figura 16: Tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> -Coliformes Termotolerantes	33
Figura 17: Tratamiento con <i>Lemna minor</i> - Coliformes Termotolerantes.....	34
Figura 18: Comparación entre macrófitas de % de remoción de Sólidos Suspendidos Totales.....	35
Figura 19: Comparación entre macrófitas de %de remoción de Turbiedad	36
Figura 20: Comparación entre macrófitas de % de remoción de DBO	37
Figura 21: Comparación entre macrófitas de % de remoción de Coliformes termotolerantes	38
Figura 22: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-SST	40
Figura 23: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-SST	41
Figura 24: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-Temperatura	42
Figura 25: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-Temperatura.....	43

Figura 26: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-DBO	44
Figura 27: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-DBO	45
Figura 28: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-pH	46
Figura 29: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-pH.....	47
Figura 30: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Eichhornia crassipes</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes.....	48
Figura 31: Comparación entre resultados de tratamiento con <i>Lemna minor</i> y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes	49

RESUMEN

En el desarrollo de la investigación se trabajó con las macrófitas *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) y *Lemna minor* (lenteja de agua) para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue en la ciudad de Moyobamba. Con este trabajo se buscó mejorar la calidad de la quebrada ya que es usada como cuerpo receptor de aguas residuales domésticas y por lo tanto se encuentra contaminada. Para el desarrollo de la investigación se optó por usar el sistema por tandas, el cual consistió en instalar dos tanques de vidrio de 72 L de agua residual doméstica cada una para su posterior tratamiento con las macrófitas. Los parámetros a evaluar del agua residual doméstica fueron sólidos suspendidos totales, pH, DBO, temperatura, turbiedad y coliformes termotolerantes, que luego de la última muestra tomada se procedió a comparar con los Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR (DS N°003-2010-MINAM) para así de esta manera poder determinar si las plantas fueron eficientes al remover los valores con los que el agua ingresó a los tanques. En ambos sistemas, las plantas acuáticas mantienen las condiciones de degradación aeróbica de la materia orgánica y sedimentos filtrados, gracias a sus raíces, donde se desarrolla una intensa actividad de microorganismos. Después de todo el trabajo realizado, se concluyó que la *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la remoción de parámetros, ya que se encuentra muy por debajo de los valores que arrojó la *Lemna minor* la cual también fue eficiente en menor grado.

Palabras Claves: Macrófitas, *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, agua residual doméstica, Límites máximos permisibles, eficiente, remoción.

ABSTRACT

In the development of the investigation was made with the macrophytes *Eichhornia crassipes* (Water hyacinth) and *Lemna minor* (duckweed) for the treatment of domestic wastewater from the Azungue brook in the city of Moyobamba. This work sought to improve the quality of the brook as it is used as the receiver of domestic wastewater and therefore is contaminated. For the development of the research it was decided to use the system by batches, which consisted of installing two 72-liter glass tanks of domestic wastewater each for their subsequent treatment with the macrophytes. The parameters to be evaluated of the domestic wastewater were total suspended solids, pH, BOD, temperature, turbidity and thermotolerant coliforms, which after the last sample taken were compared with the Maximum permissible limits for PTAR effluents (DS N ° 003- 2010-MINAM) so as to be able to determine if the plants were efficient by removing the values with which the water entered the tanks. In both systems, aquatic plants maintain the conditions of aerobic degradation of organic matter and filtered sediments, thanks to their roots, where an intense activity of microorganisms develops. After all the work done, it was concluded that the *Eichhornia crassipes* is more efficient in the removal of parameters, since it is well below the values that the *Lemna minor* showed, which was also efficient to a lesser degree.

Key Words: Macrophytes, *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor*, domestic wastewater, Maximum permissible limits, efficient, removal.



INTRODUCCIÓN

El uso de los recursos naturales provoca un efecto sobre los ecosistemas de donde se extraen y en los ecosistemas en donde se utiliza n. El caso del agua es uno de los ejemplos más claros: un mayor suministro de agua significa una mayor carga de aguas residuales.

La rápida urbanización trae consigo varios retos relacionados con los problemas de calidad del agua y el saneamiento. En la mayoría de los países de ingresos bajos y medios, las aguas residuales se vierten directamente al mar o a ríos sin tratamiento alguno. La buena gestión de las aguas residuales puede, en vez de ser una fuente de problemas, ser una cuestión positiva para el medio ambiente y conducir a mejorar la seguridad alimentaria, la salud y el desarrollo económico. Para cuantificar el impacto negativo que producen las aguas residuales no tratadas, estadísticamente se dice que, las aguas residuales directamente o indirectamente riegan 20 millones de hectáreas de tierras a nivel mundial; 2 millones de toneladas de aguas residuales y de otros efluentes drenan a las aguas del mundo por día; el 90% de todas las aguas residuales en los países en desarrollo se descargan sin tratamiento, contaminando ríos, lagos y mares. **(ONU, 2010)**

El Perú genera aproximadamente 2 217 946 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento. El 32% de estas recibe tratamiento. Cada habitante en el Perú genera 142 litros de aguas residuales al día.

Lima genera aproximadamente 1 202 286 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las EPS Saneamiento. El 20.5 % de estas recibe tratamiento. **(Generación y tratamiento de aguas residuales por la EPS saneamiento a nivel nacional, 2012)**

Por otro lado el tratamiento terciario se emplea para separar la materia residual de los efluentes de procesos de tratamiento biológico, a fin de prevenir la contaminación de los cuerpos de agua receptores, o bien, obtener la calidad adecuada para el reuso. **(Vaca, Magdaleno, Sosa , Monroy, & Jiménez, s.f.)**

El tratamiento terciario es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales domésticas pero no ha sido ampliamente adoptado por ser muy caro. **(Camacho, 2010)**

Teniendo en cuenta los altos costos que implica el tratamiento adecuado para las aguas residuales domésticas los sistemas de tratamiento de aguas con plantas acuáticas son una alternativa eficiente y económica para el tratamiento de aguas residuales, la remoción de

microorganismos y contaminantes físico químico, esto debido a sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento frente a los sistemas convencionales actuales. La remoción en sistemas con macrófitas se atribuye a procesos de sedimentación, absorción y remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica. En este sentido, los sistemas con las plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales podrían ser alternativas adecuadas debido a que funcionan para la asimilación de los compuestos orgánicos mediante la eliminación de microorganismos, tanto biodegradables y no biodegradables; así como nutrientes, metales y patógenos. **(García, 2012)**

Considerando el ámbito urbano de la Región San Martín la provincia que alcanza la mayor cobertura de los servicios de tratamiento es la provincia de Tocache con 22 %, seguida por Moyobamba con 12 % y Picota con 5 %. En las demás provincias que representan el 70 % de la Región no existe tratamiento. Además de la existencia de problemas en relación a la inadecuada operación y mantenimiento de las pocas plantas de tratamiento existentes. El promedio regional de tratamiento en el ámbito urbano llega a ser sólo del 4 %, bastante alejado del promedio nacional que es de 22 %. **(Plan regional de saneamiento integral de la Región San Martín, 2012)**

Moyobamba como distrito aún no cuenta con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales domésticas; las cuales son descargadas en un mayor porcentaje hacia el Río Mayo, también a la quebrada Azungue; siendo esta última el objeto de estudio de este proyecto, ya que no cuenta con un caudal generoso como lo tiene el Río Mayo para autodepurarse y eso es aún más preocupante, por lo cual se formula la siguiente pregunta: ¿Será efectiva la aplicación de un sistema de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* para la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba?

En la presente investigación se plantea como hipótesis que, si se aplica un sistema de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* será efectivo en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue.

Por lo cual el proyecto se motivó por la creciente contaminación que existe en nuestras fuentes de agua a causa de la evacuación indiscriminada de las aguas residuales domésticas y en querer encontrar una alternativa de tratamiento de fácil alcance tanto en costos como en operación y mantenimiento.

Así mismo la finalidad de la presente investigación fue demostrar la eficiencia que tienen las plantas acuáticas en la remoción de parámetros en aguas residuales domésticas.

El proyecto tuvo como objetivo principal el evaluar la eficiencia de las plantas acuáticas *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba, objetivo que se logró realizando los objetivos específicos los cuales fueron: Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue; analizar los parámetros de las aguas residuales domésticas tratadas con macrófitas y determinar el porcentaje de remoción que tiene cada una y por último determinar si los valores obtenidos de remoción de parámetros por cada sistema son eficientes con relación a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

El presente trabajo está estructurado en tres capítulos, los cuales están compuestos de la siguiente manera:

Capítulo I: Revisión bibliográfica, contiene los antecedentes, marco teórico y definición de términos.

Capítulo II: Materiales y métodos, contiene tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnica de recolección y procesamiento de datos.

Capítulo III: Resultados y discusiones, contiene los resultados de los objetivos y las discusiones con respecto a otros trabajos de investigación

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes

Zimmels & Malkovskaja, 1995; estudiaron a escala piloto el comportamiento de dos macrófitas flotantes (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*.) en la disminución de la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), turbidez, y sólidos suspendidos totales (SST) del agua residual urbana en **Israel**. Los resultados indicaron que en términos de estos parámetros, el efluente cumple con los estándares para el uso en sistemas de riego.

Roldán y Álvarez 2002; realizaron una investigación con base en los estudios de remoción de compuestos tóxicos por plantas acuáticas en la fábrica de IMUSA S.A. localizada en el municipio de Río negro (**Antioquía – Colombia**), colocando unos canales sembrados con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua); se ha comprobado una eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes que alcanza más de 97% en los metales pesados y hasta el 98% en sólidos suspendidos, concluyendo que se pueden considerar estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos como industriales. (**Paredes, 2015**)

Llagas & Guadalupe, 2006, realizaron el diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (**Lima-Perú**), concluyendo que el agua proveniente del humedal era apta para ser usada en los servicios de riego de las áreas verdes como: jardines, Estado Universitario, áreas externas y áreas destinadas al servicio de limpieza de la Ciudad Universitaria.

García, 2012; realizó una investigación Comparando y evaluando tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la PTAR – CITRAR de la Universidad Nacional de Ingeniería en **Lima-Perú**. Las tres plantas acuáticas con las que se realizó la investigación fueron *Lemna minor* *Eichhornia crassipes* y *Azolla filiculoides*.

Concluyendo que la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO₅ fue del 96.7% y la capacidad de remoción de nutrientes fluctuó de un 50% a un 100%, con un periodo de retención de 5 días utilizando *Lemna minor*.

El tratamiento con *Eichhornia crassipes* mostró una remoción de nutrientes que osciló entre los 52% al 86% con un periodo de retención de 5 días; mientras que el parámetro microbiológico DBO₅ presentó una remoción de 26.7% en un periodo de retención de 2.5 días.

García & Rodríguez, 2012; en su tesis Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba. Realizaron este proyecto concluyendo que la *Eichhornia crassipes*, fue la especie más eficiente en el tratamiento de aguas residuales domésticas, debido a las altas remociones alcanzadas en la mayoría de los parámetros como, 85.5% para Coliformes Totales, 77.7% para Nitratos, 66.1% para DBO_{5,20}, 60% para Sólidos suspendidos totales; además esta especie es de fácil adaptación, habilidad que le permite habitar en distintos medios acuáticos, sobre enriquecidos de nutrientes.

Tuesta, 2016; en su tesis Evaluación de las especies *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, en la ciudad e Moyobamba.

Usó dos tipos de sistemas, continuo y por tandas, por lo que concluye que ambas macrófitas lograron remover más materia orgánica en los sistemas con flujo continuo trabajando juntas, siendo el % de remoción para el DBO 19.85%, para SST 35,71%, Turbiedad 40.30%.

1.2.Bases Teóricas

Aguas residuales

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. (**Mara, 1976**)

Clasificación de Aguas residuales de acuerdo a su origen

Las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. (**Mendonca, 1987**)

-Domésticas: Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

- Industriales: Son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.
- Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo. **(Blazquez & Montero, 2010)**

Aguas Residuales Domésticas

Las aguas residuales urbanas son aquellas aguas que se han canalizado a los núcleos urbanos, que se han utilizado en usos domésticos (inodoros, fregaderos, lavadoras, lavabos, friegaplatos y baños) y que pueden contener, además algún residuo de los arrastres de las aguas de lluvia por una parte y de pequeñas actividades industriales urbanas por otra. **(Seónaez, 1999)**

Características de las Aguas residuales domésticas

- Objetos gruesos: trozos de madera, trapos, plásticos, etc, que son arrojados a la red de alcantarillado.
- Arenas: bajo esta denominación se engloban las arenas propiamente dichas, gravas y partículas más o menos grandes de origen mineral u orgánico.
- Grasas y aceites: sustancias que al no mezclarse con el agua permanecen en su superficie dando lugar a natas. Su procedencia puede ser tanto doméstica como industrial.
- Sólidos en suspensión: partículas de pequeño tamaño y de naturaleza y procedencia muy variadas.
- Nutrientes (nitrógeno y fósforo): su presencia en las aguas es debida principalmente a detergentes y fertilizantes. Igualmente, las excretas humanas aportan nitrógeno orgánico.
- Agentes patógenos: organismos (bacterias, protozoos, helmintos y virus), presentes en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que pueden producir o transmitir enfermedades. **(Alianza por el agua, Manual de depuración de aguas residuales urbanas, 2008)**

Humedales Artificiales

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual al fluir es depurada progresiva y lentamente.

Los humedales construidos se han utilizado para tratar una amplia gama de aguas residuales:

- Aguas domésticas y urbanas.
- Aguas industriales, incluyendo fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías y mataderos entre otros.
- Aguas de drenaje de extracciones mineras.
- Aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana.
- Tratamiento de fangos de depuradoras convencionales, mediante deposición superficial en humedales de flujo sub superficial donde se deshidratan y mineralizan.

(García J. , 2004)

Estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química. **(Cooper, 1996)**

El funcionamiento de los humedales artificiales se fundamenta en tres principios básicos: la actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos. **(Hu, 1998)**

Clasificación de Humedales Artificiales

Los humedales artificiales pueden ser clasificados según el tipo de macrófitas que empleen en su funcionamiento: macrófitas fijas al sustrato (enraizadas) o macrófitas flotantes libres.

Considerando la forma de vida de estas macrófitas, los humedales artificiales pueden ser

clasificados en:

- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas de hojas flotantes: principalmente angiospermas sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos. El jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna sp.*) son las especies más utilizadas para este sistema.
- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas sumergidas: comprenden algunos helechos, numerosos musgos y carófitas y muchas angiospermas. Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares sólo viven hasta los 10 m de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos.
- Sistemas de tratamiento basados en macrófitas enraizadas emergentes: en suelos anegados permanente o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos. **(Centro regional de investigaciones científicas y tecnológicas, Macrofitas, 2007)**

Macrófitas

Según el diccionario de botánica coordinado y bajo la supervisión del Dr. P. Font Quer, se define como plantas macrófitas a todas aquellas visibles a simple vista, lo opuesto a micrófitas. También se les da el nombre de plantas macrofitas o macrofitos, a aquellas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida o encharcadas durante largos períodos de tiempo. **(Plantas macrofitas , 2017)**

Propiedades de macrófitas en sistemas de tratamiento

Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera.
 - Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
 - Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
 - Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.
- (Fernández, 2014)**

Se han estudiado distintas plantas acuáticas en sistemas de depuración de aguas residuales, algas u otras sumergidas, con vistas a explorar su posible valor , las así denominadas macrófitas acuáticas flotantes, la lenteja de agua (*Lemna minor*) y Jacinto

acuático (*Eichhornia crassipes*) son del grupo de las plantas que con más intensidad se han estado evaluando en el trópico como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural. (Curt, 2012)

Propiedades de *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas

Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato los más importantes. Poseen un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de las plantas acuáticas, retienen en sus tejidos metales pesados (cadmio, mercurio, arsénico). Además remueve algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles, ácido fórmico, colorantes y pesticidas, y disminuye niveles de DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno), y sólidos suspendidos. El impacto que estas plantas causan en lagos y charcas si no se mantienen bajo control es muy grave, ya que pueden cubrir estas extensiones completamente, impidiendo que la luz del sol llegue a las plantas acuáticas nativas y agotando el oxígeno del agua. Es una de las plantas de más rápido crecimiento, se reproducen principalmente por estolones que forman nuevas plántulas, además de por semillas. El Jacinto de agua también se observa para mejorar la nitrificación en las aguas residuales tratadas con células de tecnología viva. Sus zonas radiculares son excelentes microsítios de las comunidades bacterianas. Remueve toxinas, tales como cianidas, un proceso que es de beneficio ambiental en las zonas que han sufrido las operaciones de minería de oro. Flotan sostenidas por esponjosos rizomas, con las raíces flotando libremente. Hasta el 50% de la biomasa del aguapé puede estar constituida por raíces fibrosas, de color violáceo o azulado gracias a la antocianina que contienen como defensa frente a los predadores. Alcanzan los 3 m de largo, con radículas laterales en gran cantidad que le dan una apariencia plumosa. Producen además problemas sanitarios al constituir un hábitat propicio para los mosquitos, el clásico vector de las enfermedades y una especie de caracol (de los géneros *Biomphalaria* y *Oncomelania*) conocido por albergar un parásito platelminto que provoca la esquistosomiasis. La planta es muy tolerante, y de alta capacidad de captación de metales pesados, tales como Cd, Cr, Co, Ni, Pb, Hg, etc, que

podría ser utilizado para la biolimpieza de aguas residuales industriales. (**Metcalf & Edyy, 2004**)

Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

Taxonomía

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Liliopsida
- Orden : Commelinales
- Familia : Pontederiaceae
- Género : Eichhornia
- Especie : E. crassipes

(Jacinto de Agua, s.f.)

El Jacinto de agua, también conocido como taruya, lirio de agua, batata, oreja de mula, etc, es una planta acuática, perenne, vascular, flotante, de clima cálido y frío. Su habilidad de crecimiento y adaptación le permite sobrevivir y extenderse en muchos sitios. (**Romero, 2000**)

Propiedades de *Lemna minor* en el tratamiento de aguas residuales domésticas

Las lemnáceas se han utilizado en algunas oportunidades para aprovecharlas como plantas purificadoras de aguas residuales, y particularmente, han sido incluidas en circuitos complejos de depuración de excretas porcinas, con alto valor nutritivo, alto contenido inorgánico, no tóxico para los animales y carente de plagas serias, mientras que en otras ocasiones, la atención de los investigadores se ha movido preferencialmente hacia su uso en nutrición animal. Con fines alimenticios: la *Lemna* por su alto contenido proteico, puede ser fuente alimenticia, previamente preparada como alimento balanceado, para la crianza de pollos y cerdos. Como alimento fresco es también una potencialidad de uso con fines ganaderos y avícolas. Con fines de lombricultura y producción de humus: la *Lemna* con 14 a 18 días de precomposteo puede ser utilizada para la crianza de lombrices, los que pueden tener niveles de 68 a 82% de proteínas.

Se sumerge para florecer. A medida que crecen las hojas, las plantas se dividen y se convierten en individuos separados. Forman Colonias pequeñas que crecen en el agua con altos niveles de nutrientes y un pH de entre 5 y 9, de manera óptima entre 6.5 y 7.5,

y temperaturas entre 6 y 33°C. En las regiones templadas, cuando las temperaturas caen por debajo de 6 a 7°C se desarrollan pequeñas y densas colonias, los órganos se llenan de almidón llamados "turiones" que se vuelven inactivos y se hunden hasta el fondo del agua; en la primavera siguiente, éstas reanudan el crecimiento y flotan de nuevo a la superficie. Asimilan los nutrientes del efluente de las aguas residuales cuando son cosechadas y retiradas de los estanques, han mostrado facilidad para extraer rápidamente de las aguas algunos metales tales como el zinc, manganeso y fierro, así como para remover gran cantidad de Nitrógeno, fósforo y potasio en las aguas servidas. Es indicadora de aguas eutróficas ricas en nitratos y fosfatos y por tanto no potables. **(Metcalf & Edyy, 2004)**

Lenteja de agua (*Lemna minor*)

Taxonomía

- Reino : Plantae
- División : Fanerógamas
- Clase : Liliopsida
- Orden : Arel
- Familia : Lemnaceae
- Género : Lemna
- Especie : Lemna minuta

(Lenteja de agua, s.f.)

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 y una sola raíz delgada de color blanco. **(Instituto Galach, 1984)**

Las lemnáceas se han utilizado en algunas oportunidades para aprovecharlas como plantas purificadoras de aguas residuales, y particularmente, han sido incluidas en circuitos complejos de depuración de excretas porcinas, con alto valor nutritivo, alto contenido inorgánico, no tóxico para los animales y carente de plagas serias, mientras que en otras ocasiones, la atención de los investigadores se ha movido preferencialmente hacia su uso en nutrición animal. **(García Z. , 2012)**

1.3. Definición de términos

- **Agua residual doméstica:** Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. **(Blazquez & Montero, 2010)**
- **Coliformes fecales:**
Se define como el grupo de bacterias en forma de bacilo, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, Gram negativas, aerobias, y anaerobias facultativas, que no forman esporas, con capacidad de fermentar la lactosa y otros azúcares. **(González, 2012)**
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno:**
Índice de contaminación del agua que representa el contenido de sustancias bioquímicamente degradables en el agua. Es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para oxidar la materia orgánica; generalmente se mide en miligramos por litros. **(García J. W., 2004)**
- **Demanda Química de Oxígeno:**
Medida de la capacidad de consumo de oxígeno de la materia inorgánica y orgánica presente en el agua o aguas residuales. Se expresa como la cantidad de oxígeno consumida por un oxidante químico en una prueba específica. No hace diferencias entre materia orgánica estable o inestable y por lo tanto no necesariamente interfiere con la demanda bioquímica de oxígeno. **(García J. W., 2004)**
- **Ecosistema:**
Conjunto que forman un medio natural y los seres vivos que habitan en él y sus interacciones mutuas. **(Gran Diccionario de la Lengua Española, 2016)**
- **Eficiente:**
Que realiza o cumple un trabajo o función a la perfección. **(Spanish Oxford Living dictionaries, s.f.)**
- **Efluente:**
Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos

de agua. (Spinelli, s.f.)

- ***Eichhornia crassipes*:**

Eichhornia crassipes o Jacinto de agua son plantas acuáticas pertenecientes a la familia ponteridácea, oriundas del Continente Americano, viven en las aguas tranquilas de ciénagas, presas, micropresas, lagunas, zanjas, arroyos y ríos. (Jacinto de Agua, s.f.)

- **Eutrófica:**

Alteraciones que se producen en el agua por compuestos de nitrógeno y fósforo que incrementan la productividad de algunas plantas, perdiéndose la capacidad de neutralizar el oxígeno existente en esa agua. (García J. W., 2004)

- **Fitodepuración:**

La fitodepuración es un sistema de depuración de las aguas residuales, basado en la utilización de humedales artificiales en los que se desarrollan plantas acuáticas (hidrofitos) que contribuyen activamente a la eliminación de los contaminantes, principalmente la materia orgánica. Son sistemas muy baratos en la inversión inicial y en el mantenimiento. (Fernández, 2014)

- **Fosfatos:**

Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos, y van a parar al agua como residuos domésticos. (García J. W., 2004)

- ***Lemna minor*:**

Lemna minor o lenteja de agua es una planta acuática con hojas planas y ovaladas. Están unidas en si por un pequeño manojito de raíces. Su color es verde, siendo este más o menos intenso según la iluminación. (Lenteja de agua, s.f.)

- **Límites Máximos Permisibles:**

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental. (D.S. N° 003-2010-MINAM, 2010).

- **Lombricultura:**

Se entiende por lombricultura o vermicultura a una serie de operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices detritívoras (formadoras de humus) y el tratamiento, por medio de ellas (mediante procesos de oxidación biológica), de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abono denominado humus de lombriz. (García J. W., 2004)

- **Macrófitas**

Según el diccionario de botánica coordinado y bajo la supervisión del Dr. P. Font Quer, se define como plantas macrófitas a todas aquellas visibles a simple vista, lo opuesto a micrófitas. También se les da el nombre de plantas macrofitas o macrofitos, a aquellas que pueden vivir en terrenos inundados durante toda su vida o encharcadas durante largos períodos de tiempo.

(Plantas macrofitas , 2017)

- **Microorganismos:**

Seres vivos más diminutos que únicamente pueden ser apreciados a través de un microscopio. En este extenso grupo podemos incluir a los virus, las bacterias, levaduras y mohos que pululan por el planeta tierra. (González, 2012)

- **Nitratos:**

Los nitratos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea, etc. (García J. W., 2004)

- **Piloto:**

Modelo, de carácter experimental. (Fernández A. , 2007)

- **Potencial de Hidrógeno (pH):**

Es una escala que mide la concentración de iones de H⁺ y por tanto mide el grado de acidez o alcalinidad en un líquido. (Isla, 2007)

- **Remoción:**

Acción de remover. Quitar o apartar un inconveniente o un obstáculo. (Spanish Oxford Living dictionaries, s.f.)

- **Saneamiento:**

Las acciones necesarias de control y cambio para restablecer un balance ambiental satisfactorio. (García J. W., 2004)

- **Sólidos suspendidos totales:**

La suma de materia disuelta o no en el agua y aguas residuales. (**García J. W., 2004**)

- **Temperatura:**

Es uno de los factores que más afectan el crecimiento y la viabilidad, los microorganismos pueden crecer desde temperaturas de 0° C o menores hasta 100 °C o más. (**González, 2012**)

- **Turbiedad:**

Presencia en el agua de sedimentos finos, visibles y en suspensión, que impiden el pasaje de la luz. (**García J. W., 2004**)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

- Hojas bond A4
- Lapicero
- Plumón negro
- Machete
- Palana
- Envases de plástico
- Guantes quirúrgicos
- Mascarilla
- Botas de jebe
- Tanques de vidrio
- Termómetro digital

2.2. Métodos

2.2.1. Tipo y nivel de investigación

De acuerdo a la orientación.

- Aplicada

De acuerdo a la técnica de contrastación de hipótesis.

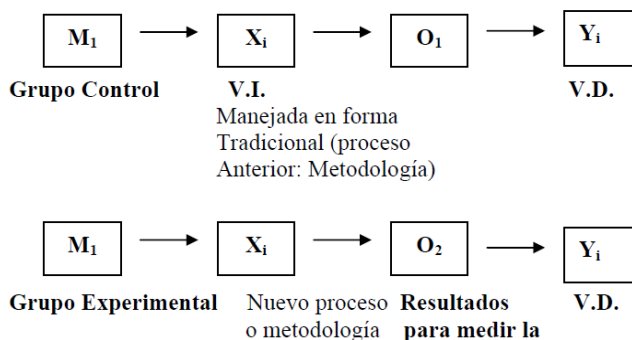
- Experimental

2.2.2. Diseño de investigación

En el desarrollo del trabajo de investigación, la contrastación de la hipótesis se basó en el siguiente diseño:

Diseño Pre-experimental, ya que se realizaron pruebas de la muestra a nivel de laboratorio pre y post para determinar la eficiencia de remoción de parámetros de las aguas residuales con la *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*.

- COMPARAR



2.2.3. Población y muestra

- **Población**

La población para el trabajo de investigación fueron las aguas residuales domésticas extraídas de la quebrada Azungue en tanques de 0.20m de profundidad por 0.40 m de ancho por 0.90m de alto, dándonos un volumen parcial de 0.072 m³ por cada tanque. Ya que se contaron con dos tanques el volumen total de la población es de 0.144 m³.

- **Muestra**

50 ml por cada muestra de agua residual doméstica extraída de la planta piloto para ser llevada a laboratorio.

2.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Se instalaron 2 tanques, ambos por sistema de tandas, en el cual un tanque contenía *Eichhornia crassipes* y el otro *Lemna minor*, ambos tanques fueron llenados con agua residual doméstica de la quebrada Azungue con 72 litros cada uno. Volumen que fue disminuyendo ya que cada 15 días se fue sacando muestras para ser procesadas en laboratorio.
- La investigación duró 3 meses, es decir, 90 días, teniendo en total 13 muestras. 6 por cada macrofita cada 15 días y una muestra extraída de la quebrada Azungue que sirvió como control.
- Se analizaron los siguientes parámetros químicos por cada muestra: DBO, y pH.
- Se analizaron los siguientes parámetros físicos por cada muestra: Turbiedad, Temperatura y Sólidos suspendidos totales.

- Se analizó Coliformes termotolerantes como parámetro biológico.

2.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Los datos obtenidos de la investigación fueron procesados a través de tablas y Figuras los cuales fueron interpretados descriptivamente.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Evaluar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue.

Tabla 1

Comparación de SST de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP

PARÁMETRO	Agua Residual Doméstica de Azungue	LMP	UNIDAD
SST	200	150	mg/L

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

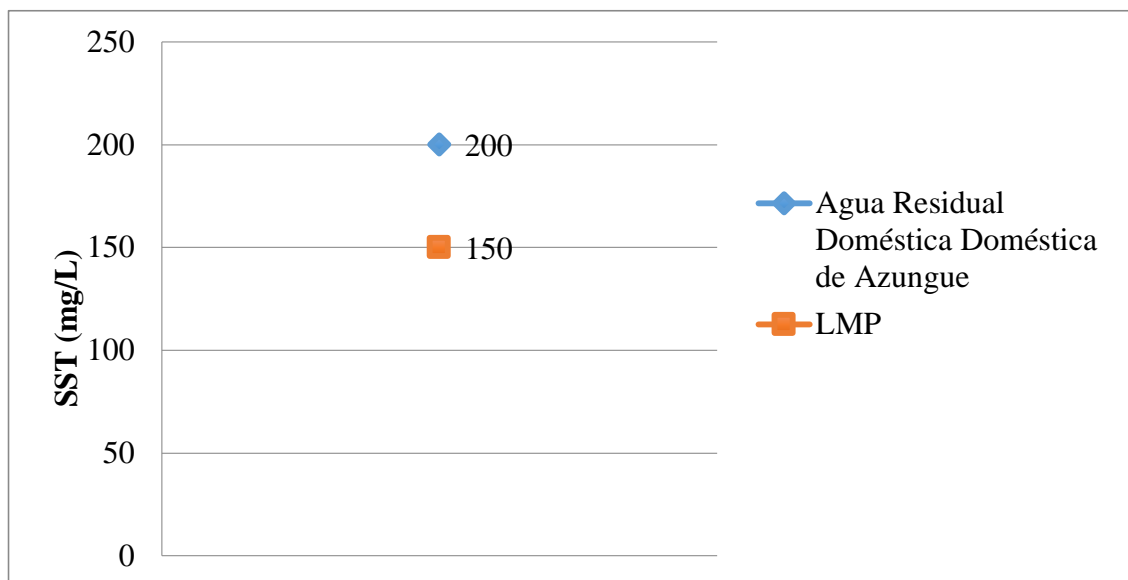


Figura 1. Comparación de SST entre ARDAZ y LMP. (Fuente: Tabla 1.)

Interpretación:

En la figura 1, se puede observar que la concentración de Sólidos suspendidos totales de las aguas residuales domésticas de Azungue tiene un valor de 200 mg/L siendo mayor que el LMP (D.S. 003-2010 MINAM) el cual indica que esta concentración debe ser solo de 150 mg/L, por lo tanto el agua residual doméstica de la quebrada necesita tratamiento para bajar esta concentración.

Tabla 2

Comparación de la DBO de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP

PARÁMETRO	Agua Residual Doméstica de Azungue	LMP	UNIDAD
DBO	195	100	mgO ₂ /L

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

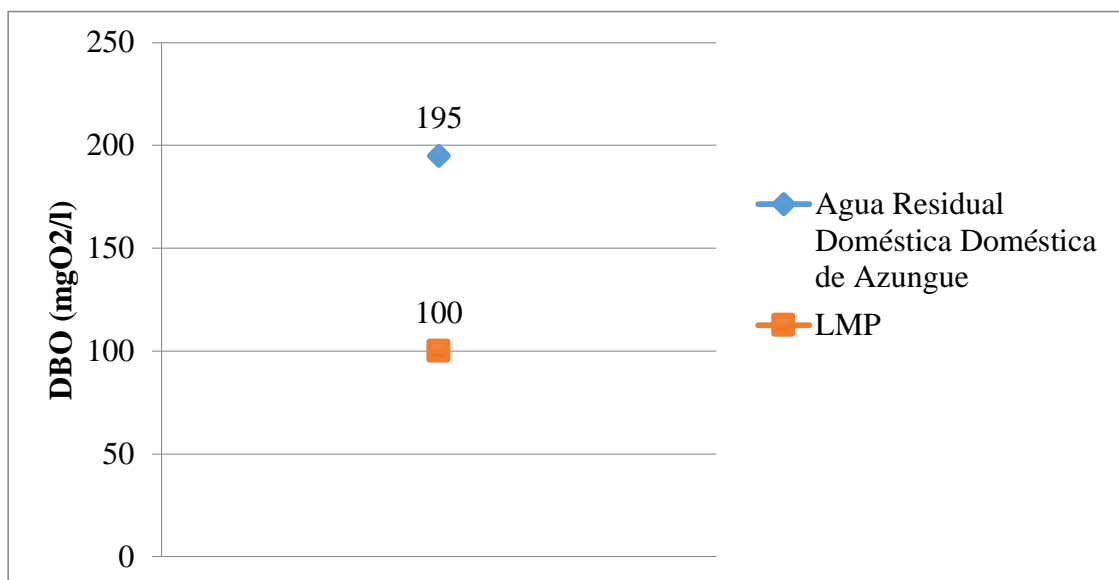


Figura 2. Comparación de DBO entre ARDAZ y LMP. (Fuente: Tabla 2.)

Interpretación:

En la figura 2, se observa que la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno es de 195 mgO₂/L por lo que se encuentra elevada con respecto a los Límites máximos permisibles (D.S. 003-2010 MINAM) el cual nos indica que la DBO debe ser solo 100 mgO₂/L.

Tabla 3

Comparación del pH de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP

PARÁMETRO	Agua Residual Doméstica de Azungue	LMP (mínimo)	LMP (máximo)	UNIDAD
pH	6.2	6.5	8.5	-

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

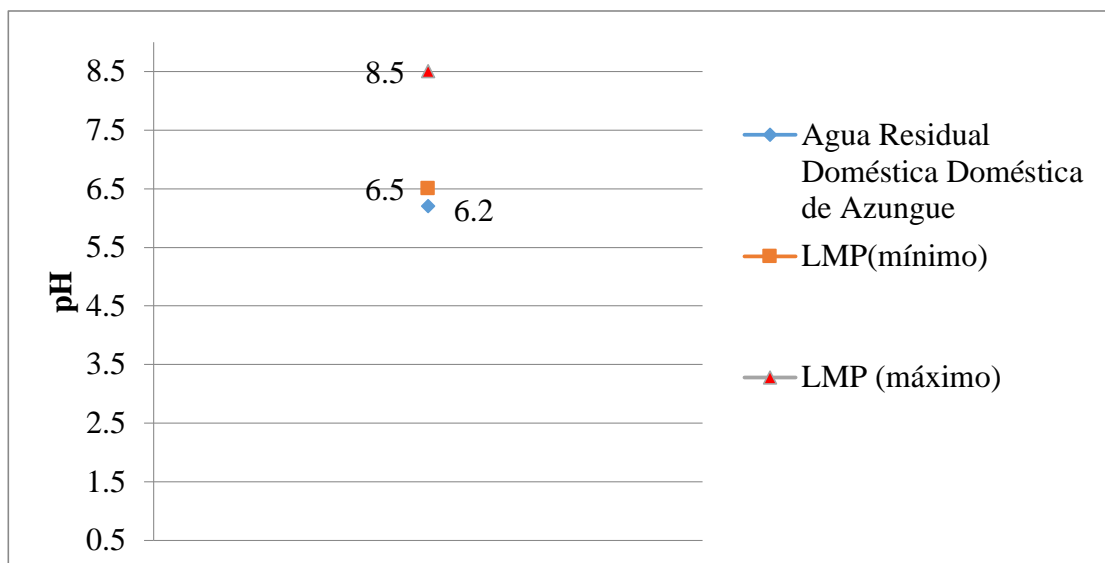


Figura 3. Comparación de pH entre ARDAS y LMP. (Fuente: Tabla 3.)

Interpretación:

En la figura 3, se compara el pH de las aguas residuales domésticas de Azungue con los LMP (D.S. 003-2010 MINAM); se puede apreciar que en las aguas residuales domésticas de la quebrada el potencial de hidrógeno es 6.2 entonces decimos que son aguas ácidas por lo tanto necesita tratamiento para poder estar dentro del rango establecido en el LMP el cual es 6.5 hasta 8.5.

Tabla 4

Comparación de Coliformes Termotolerantes de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP

PARÁMETRO	Agua Residual Doméstica de Azungue	LMP	UNIDAD
Coliformes Termotolerantes	4,500	10,000	NMP/100ml

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

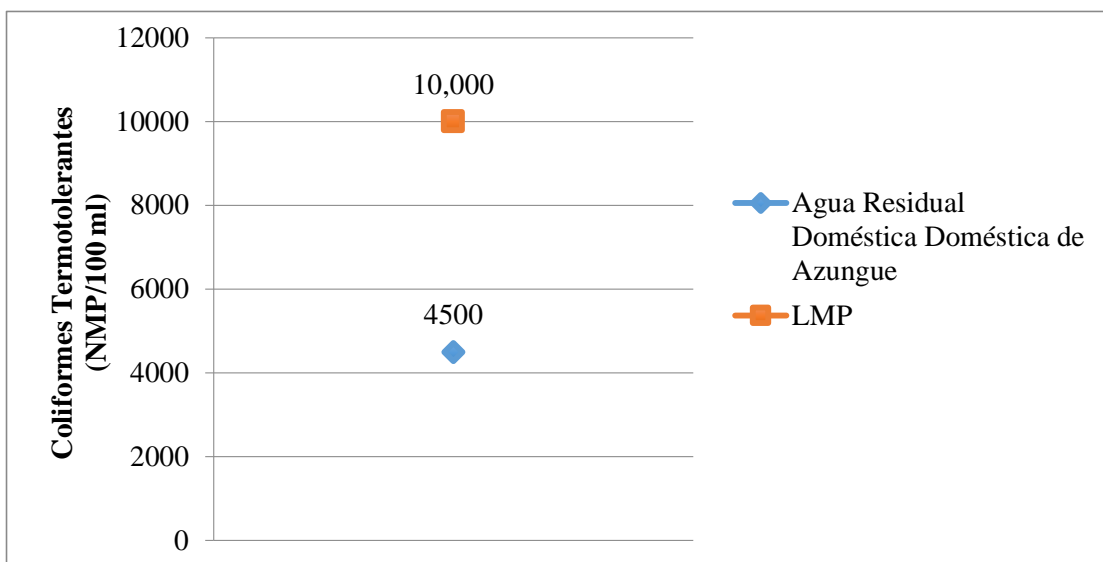


Figura 4. Comparación de Coliformes termotolerantes entre ARDAZ y LMP. (Fuente: Tabla 4.)

Interpretación:

En la figura 4, se puede observar que la concentración de Coliformes termotolerantes del agua residual doméstica de la quebrada Azungue es menor a la indicada en los Límites máximos permisibles.

Tabla 5

Comparación de la Temperatura de las aguas residuales domésticas de Azungue con el LMP

PARÁMETRO	Agua Residual Doméstica de Azungue	LMP (<35°)	UNIDAD
Temperatura	24	35	°C

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

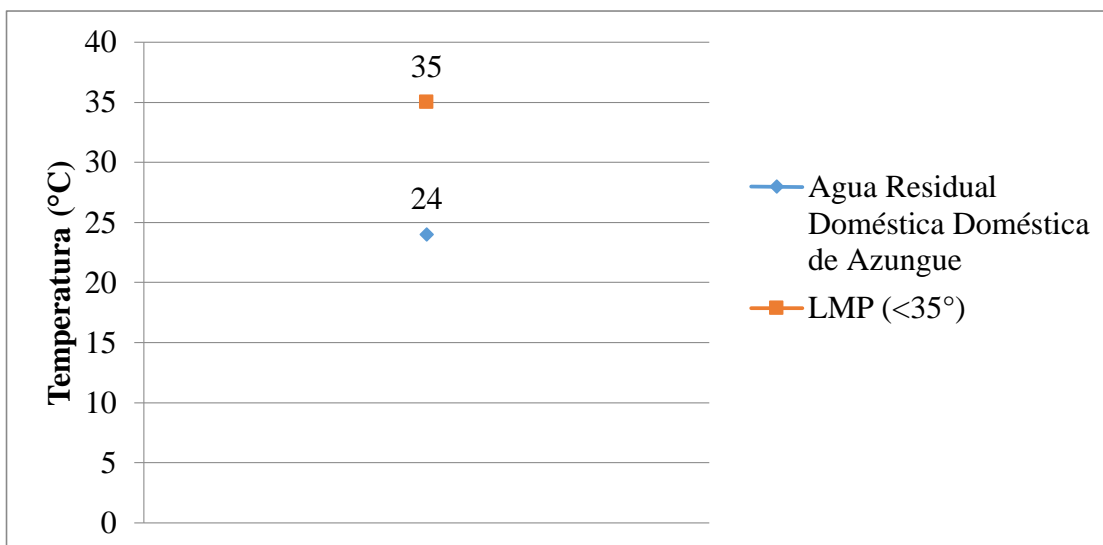


Figura 5. Comparación de Temperatura entre ARDAZ y LMP. (Fuente: Tabla 5.)

Interpretación:

En la figura 5, se puede observar que la temperatura de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue es 24° C por lo cual se encuentra dentro de los LMP ya que el valor de este debe ser menor a 35°C.

3.1.2. Analizar los parámetros de las aguas residuales domésticas tratadas con macrófitas

Tabla 6

Tratamiento con Eichhornia crassipes- SST

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
SST	M2 (15 días)	200	195	mg/L
	M3 (30 días)		184	
	M4 (45 días)		171	
	M5 (60 días)		159	
	M6 (75 días)		129	
	M7 (90 días)		85	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

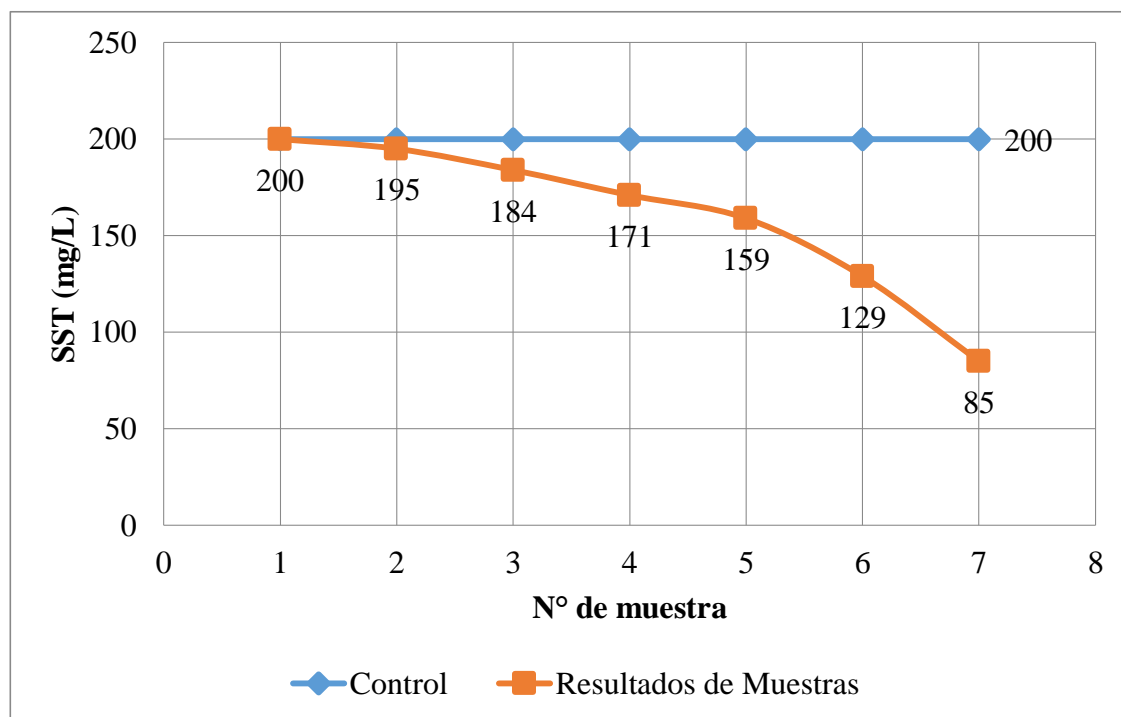


Figura 6. Tratamiento con *Eichhornia crassipes* – SST. (Fuente: Tabla 6.)

Interpretación:

En la figura 6, se muestra el comportamiento del parámetro Sólidos Suspendidos totales durante los 3 meses de tratamiento con *Eichhornia crassipes* del agua residual doméstica de la quebrada Azungue.

En este se puede apreciar que el agua antes de ser tratada se encuentra con un valor de 200 mg/L; luego al pasar los 15 primeros días, se realizó el primer muestreo teniendo como resultado que el valor inicial descendió hasta 195 mg/L, el cual no es muy significativo. Posteriormente las muestras se siguieron realizando cada 15 días, hasta llegar a 85 mg/L de SST resultado que arrojó la muestra N°7 a los 90 días.

Tabla 7

Tratamiento con Lemna minor- SST

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
SST	M2 (15 días)	200	197	mg/L
	M3 (30 días)		189	
	M4 (45 días)		175	
	M5 (60 días)		166	
	M6 (75 días)		152	
	M7 (90 días)		140	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

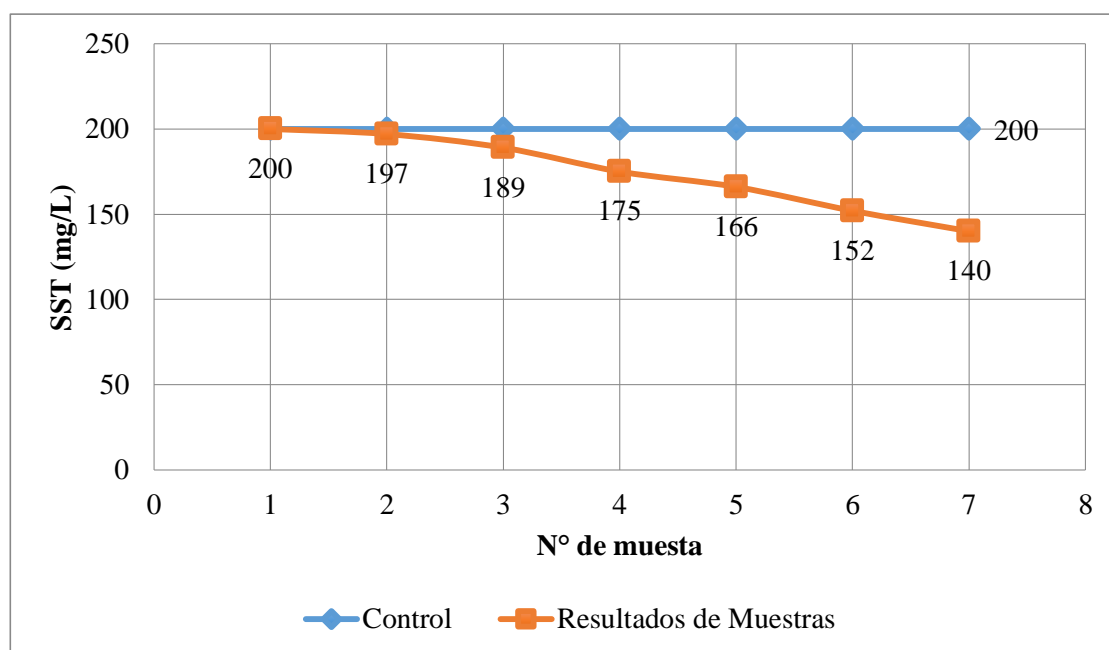


Figura 7. Tratamiento con *Lemna minor* – SST. (Fuente: Tabla 7.)

Interpretación:

En la figura 7, se aprecia el comportamiento que tuvo el parámetro Sólidos suspendidos totales de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue durante 3 meses tratada con lenteja de agua.

La figura nos muestra que la disminución del parámetro ha sido lento con relación al tiempo del tratamiento ya que los resultados obtenidos en las 6 muestras no son muy significativos con respecto a la concentración de 200 mg/L de SST con la que ingresó el agua, obteniendo como resultado 140 mg/L de SST en la muestra tomada a los 90 días de iniciado el tratamiento con la lenteja de agua.

Tabla 8

Tratamiento con Eichhornia crassipes- Turbiedad

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
Turbiedad	M2 (15 días)	50	46	UNT
	M3 (30 días)		40	
	M4 (45 días)		34	
	M5 (60 días)		28	
	M6 (75 días)		21	
	M7 (90 días)		16	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

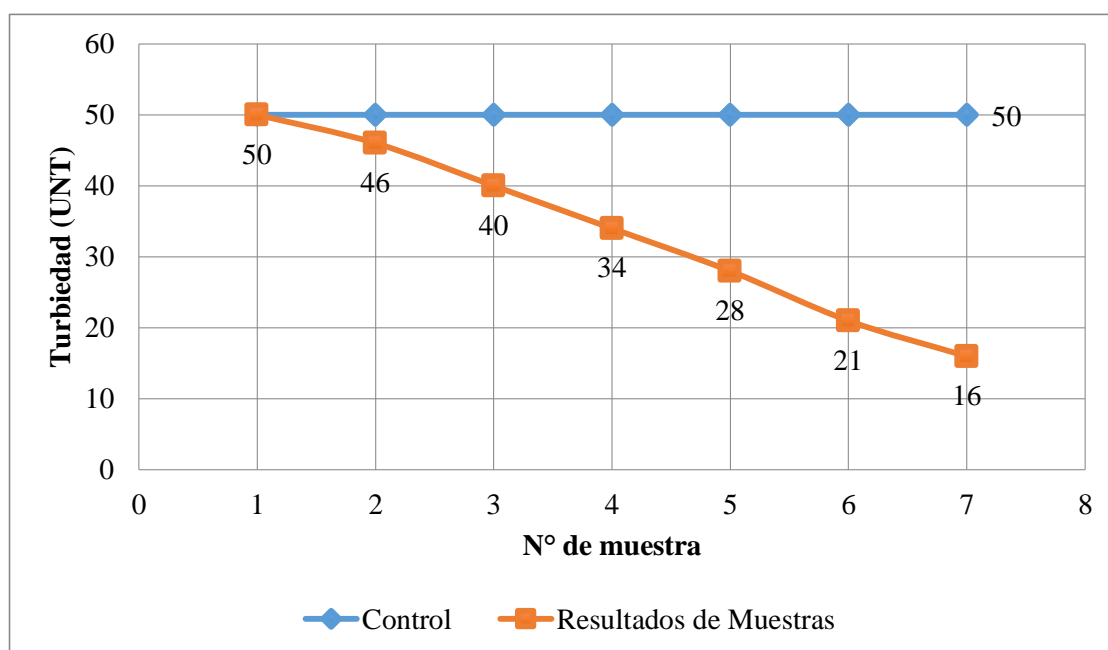


Figura 8. Tratamiento de *Eichhornia crassipes* –Turbiedad. (Fuente: Tabla 8.)

Interpretación:

En la figura 8, se muestra la variación que tuvo el parámetro turbiedad de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue al ser tratada con el Jacinto de agua, se puede apreciar que el parámetro disminuye de 50 UNT valor con el que ingresa al tratamiento, hasta 16 UNT valor que se obtuvo a los 90 días de iniciado el tratamiento.

Tabla 9

Tratamiento con Lemna minor- Turbiedad

Parámetro	Nº Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
Turbiedad	M2 (15 días)	50	48	UNT
	M3 (30 días)		43	
	M4 (45 días)		37	
	M5 (60 días)		32	
	M6 (75 días)		27	
	M7 (90 días)		21	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

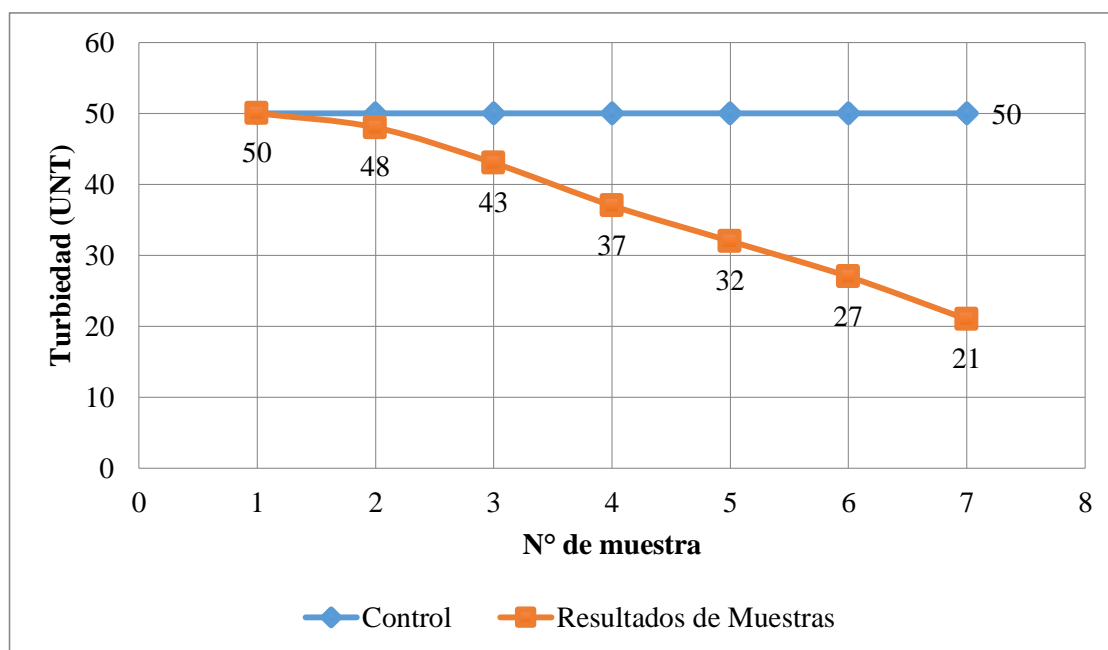


Figura 9. Tratamiento con *Lemna minor*-Turbiedad. (Fuente: Tabla 9.)

Interpretación:

En la figura se puede apreciar cómo se comportó el parámetro turbiedad de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue durante 3 meses al ser tratada con lenteja

de agua. Se puede observar que la turbiedad disminuye considerablemente a partir de la quincena del segundo mes teniendo como resultado 27 UNT, ya para el tercer mes descendió hasta 21 UNT.

Tabla 10

Tratamiento con Eichhornia crassipes-Temperatura

Parámetro	Nº Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
Temperatura	M2 (15 días)		24	°C
	M3 (30 días)		23.4	
	M4 (45 días)	24	23.6	
	M5 (60 días)		23.7	
	M6 (75 días)		23.5	
	M7 (90 días)		23.8	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

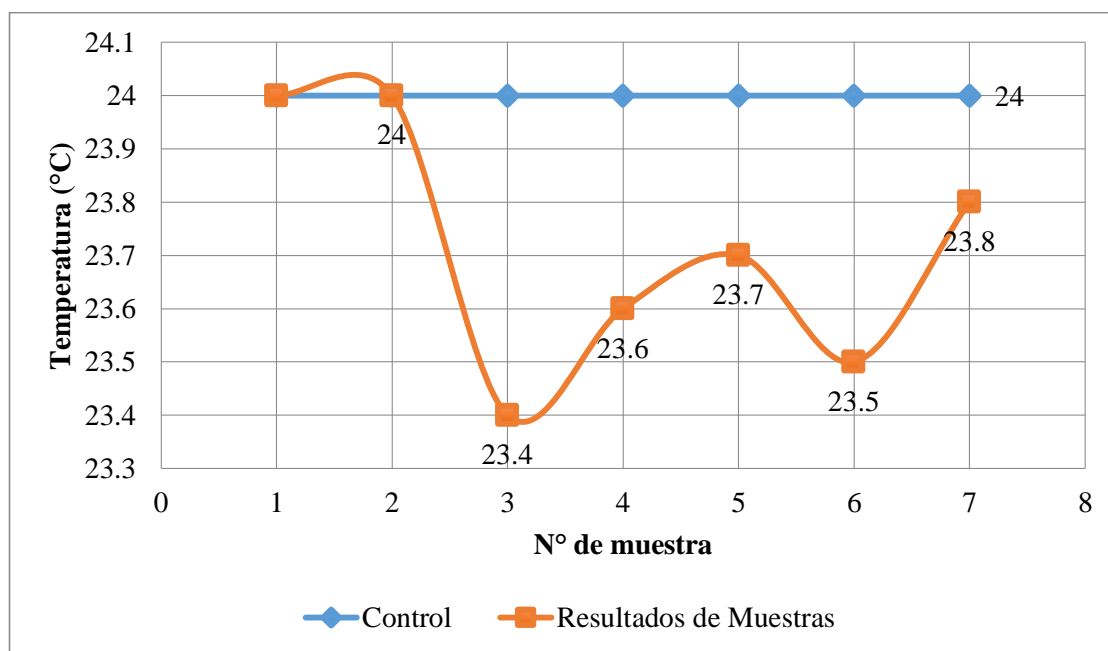


Figura 10. Tratamiento con *Eichhornia crassipes*-Temperatura. (Fuente: Tabla 10.)

Interpretación:

En la figura 10, se presenta el comportamiento que experimentó la temperatura durante los 3 meses de tratamiento con el jacinto de agua, en el cual se puede observar que la temperatura tuvo variaciones ascendiendo y descendiendo desde los 24° C con el que ingresó el agua.

La temperatura más alta se pudo registrar el día 90 con 23.8 °C y la más baja a los 30 días con 23.4°C. Estas variaciones dependen del clima del día, pero se puede observar que la temperatura en los 3 meses de investigación no sobrepasó los 25°C por lo que se puede decir que siempre se mantuvo una temperatura óptima para el desarrollo de la planta acuática.

Tabla 11

Tratamiento con Lemna minor- Temperatura

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
Temperatura	M2 (15 días)		24.7	°C
	M3 (30 días)		23.8	
	M4 (45 días)	24	23.9	
	M5 (60 días)		24	
	M6 (75 días)		23.8	
	M7 (90 días)		24.1	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

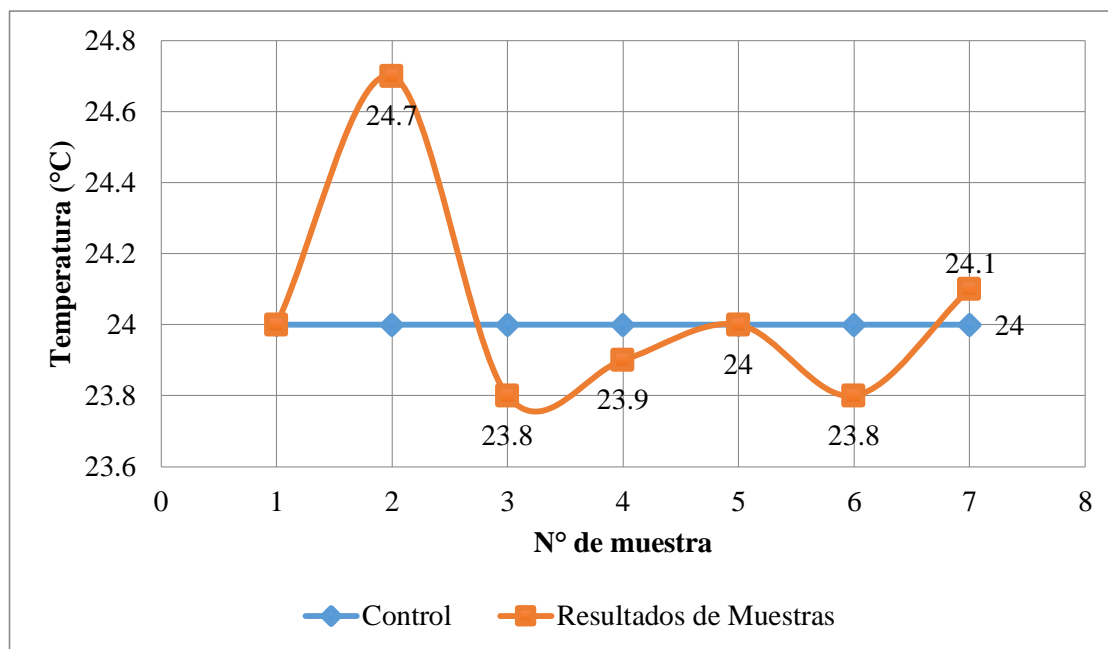


Figura 11. Tratamiento con *Lemna minor*- Temperatura. (Fuente: Tabla 11.)

Interpretación:

En la figura 11, se presenta la variación que experimentó la temperatura del agua residual doméstica de Azungue al ser tratada con lenteja de agua durante 3 meses.

En el cual se aprecia que la temperatura más alta fue el resultado de la muestra 1 con 24.7°C, y la más baja 23.8°C, esto debido a la variación del clima que se presenta en la región.

Tabla 12

Tratamiento con Eichhornia crassipes- DBO

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
DBO	M2 (15 días)		173	mgO ₂ /L
	M3 (30 días)		154	
	M4 (45 días)	195	131	
	M5 (60 días)		119	
	M6 (75 días)		95	
	M7 (90 días)		73	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

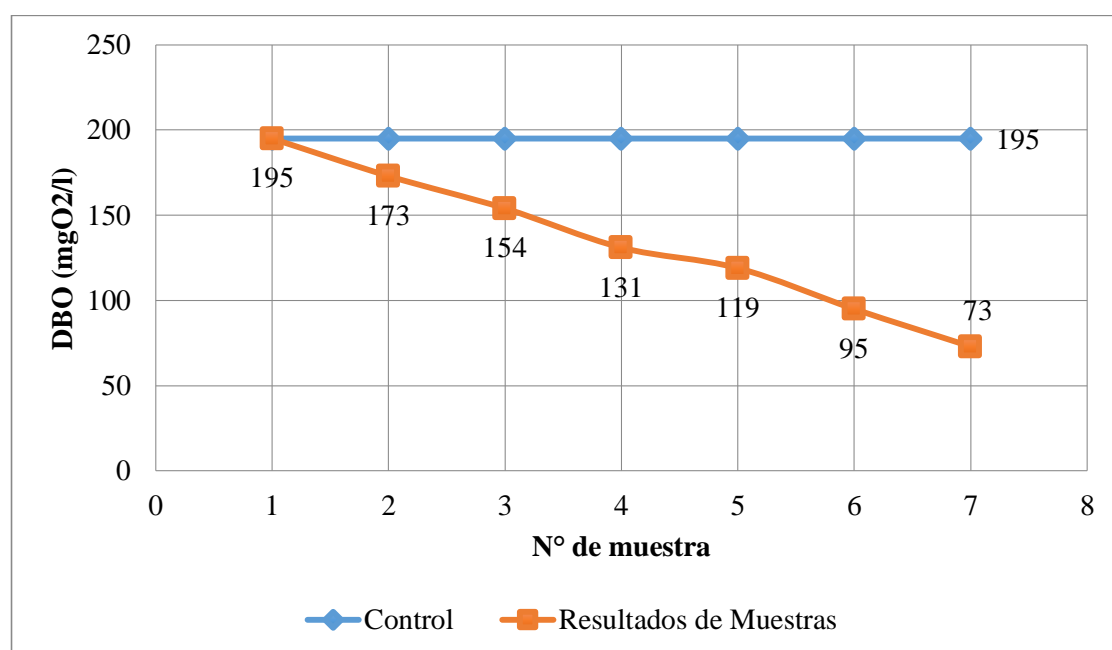


Figura 12. Tratamiento con *Eichhornia crassipes* – DBO. (Fuente: Tabla 12.)

Interpretación:

En la figura 12, se puede observar el comportamiento del parámetro demanda bioquímica de oxígeno del agua residual doméstica de la quebrada de Azungue tratada con jacinto de agua, el cual ingresó con una concentración de 195 mgO₂/L y fue descendiendo progresivamente durante los 3 meses hasta llegar a 73 mgO₂/L.

La DBO es la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica existente en el agua residual. Al existir mayor concentración de DBO existe menos cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Tabla 13

Tratamiento con Lemna minor-DBO

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
DBO	M2 (15 días)	195	191	mgO ₂ /L
	M3 (30 días)		182	
	M4 (45 días)		171	
	M5 (60 días)		157	
	M6 (75 días)		132	
	M7 (90 días)		109	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

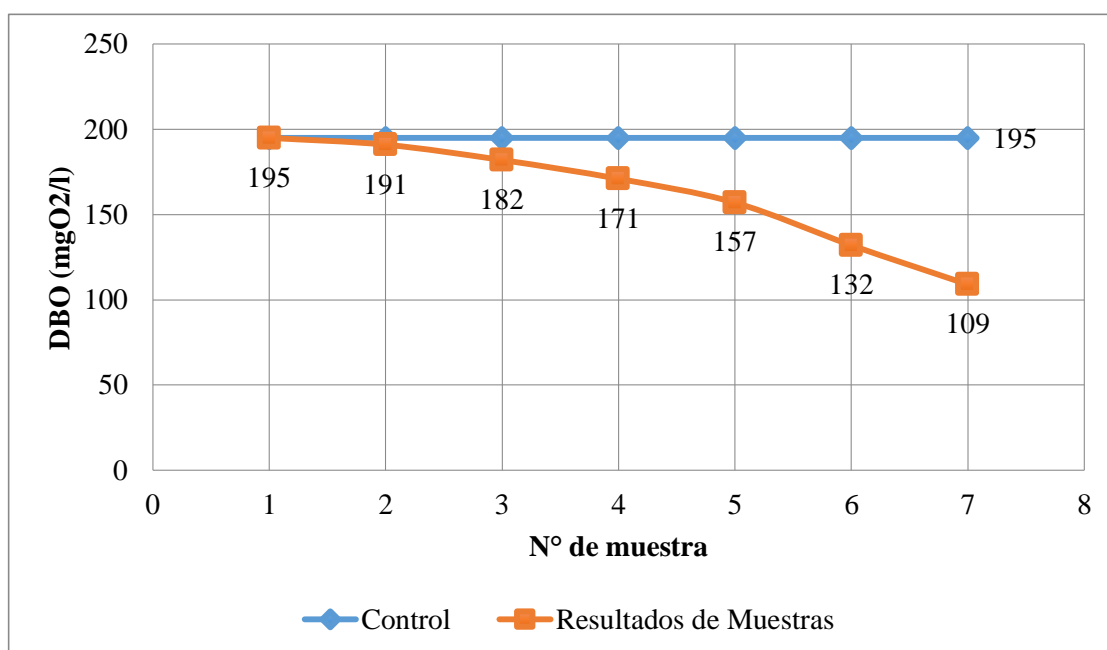


Figura 13. Tratamiento con *Lemna minor*-DBO. (Fuente: Tabla 13.)

Interpretación:

En la figura 13 se presenta el comportamiento que tuvo el parámetro DBO del agua residual doméstica de la quebrada Azungue tratada con lenteja de agua durante 3 meses. El agua ingresó con una concentración de 195 mgO₂/L, se puede apreciar que para el segundo mes el descenso de la concentración es considerable llegando a 157 mgO₂/L,

ya para el tercer mes la disminución es mucho más notoria ya que se llega a descender hasta 109 mgO₂/L.

Tabla 14

Tratamiento con Eichhornia crassipes- pH

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras
pH	M2 (15 días)	6.2	6.4
	M3 (30 días)		6.3
	M4 (45 días)		6.8
	M5 (60 días)		6.9
	M6 (75 días)		7.18
	M7 (90 días)		7.23

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

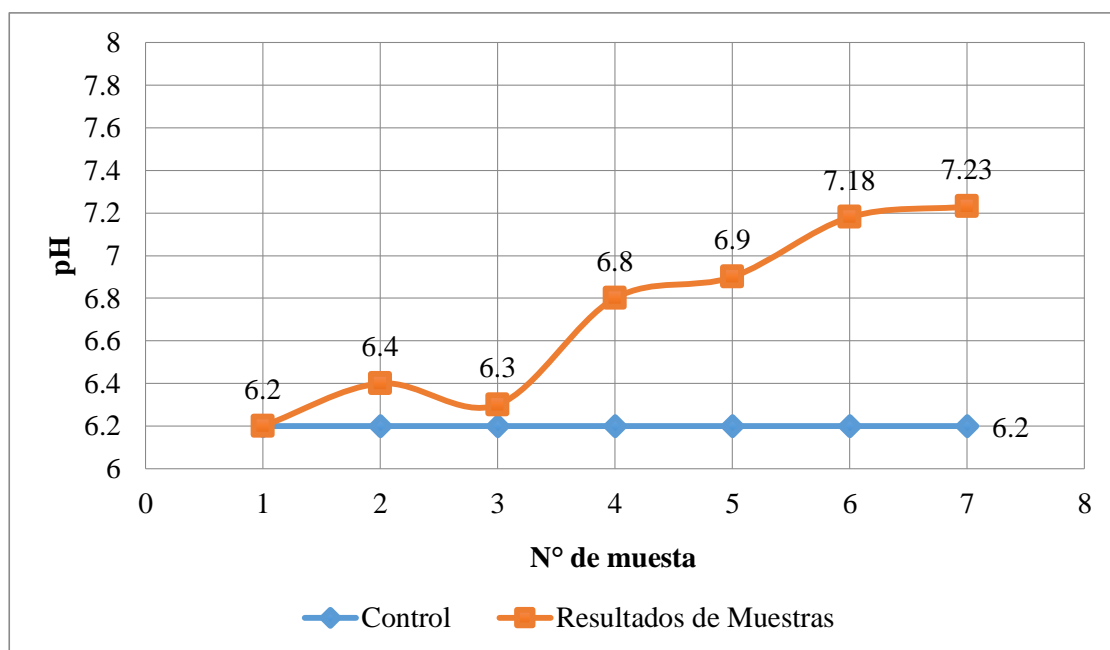


Figura 14. Tratamiento con *Eichhornia crassipes*- pH. (Fuente: Tabla 14.)

Interpretación:

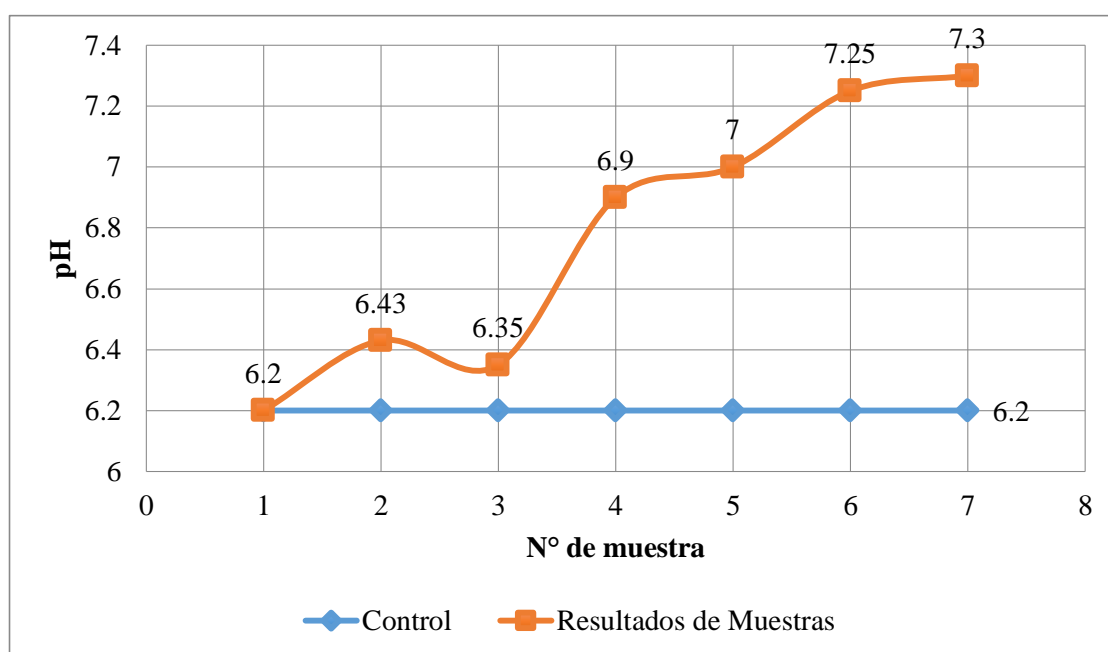
De la figura 14, se puede observar la variación que presentó el pH del agua residual doméstica de Azungue tratada con Jacinto de agua, tratada por 3 meses.

El agua ingresó con un pH 6.2, el cual nos indica que es un agua ácida; durante los 3 meses el pH fue variando desde 6.2 hasta 7.23 llegando a ser un agua entre neutra y ligeramente alcalina.

Tabla 15*Tratamiento con Lemna minor- pH*

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras
pH	M2 (15 días)	6.2	6.43
	M3 (30 días)		6.35
	M4 (45 días)		6.9
	M5 (60 días)		7
	M6 (75 días)		7.25
	M7 (90 días)		7.3

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

Figura 15. Tratamiento con *Lemna minor*- pH. (Fuente: Tabla 15.)

Interpretación:

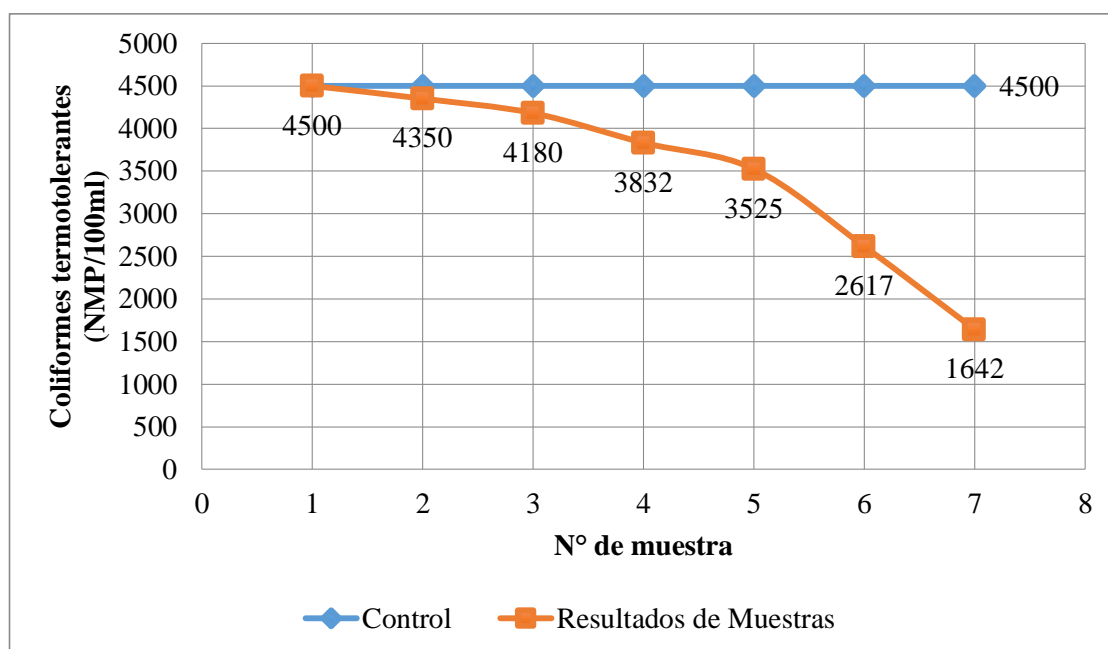
En la figura 15, se muestra los diferentes valores obtenidos de pH del agua residual doméstica de Azungue, al ser tratada con lenteja de agua por 3 meses.

En este se puede observar que los valores ascienden y descienden llegando a ser 7.3 el resultado más favorecedor.

Tabla 16*Tratamiento con Eichhornia crassipes- Coliformes Fecales*

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
Coliformes Termotolerantes	M2 (15 días)	4500	4350	NMP/100ml
	M3 (30 días)		4180	
	M4 (45 días)		3832	
	M5 (60 días)		3525	
	M6 (75 días)		2617	
	M7 (90 días)		1642	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

Figura 16. Tratamiento con *Eichhornia crassipes*- Coliformes Fecales. (Fuente: Tabla 16.)

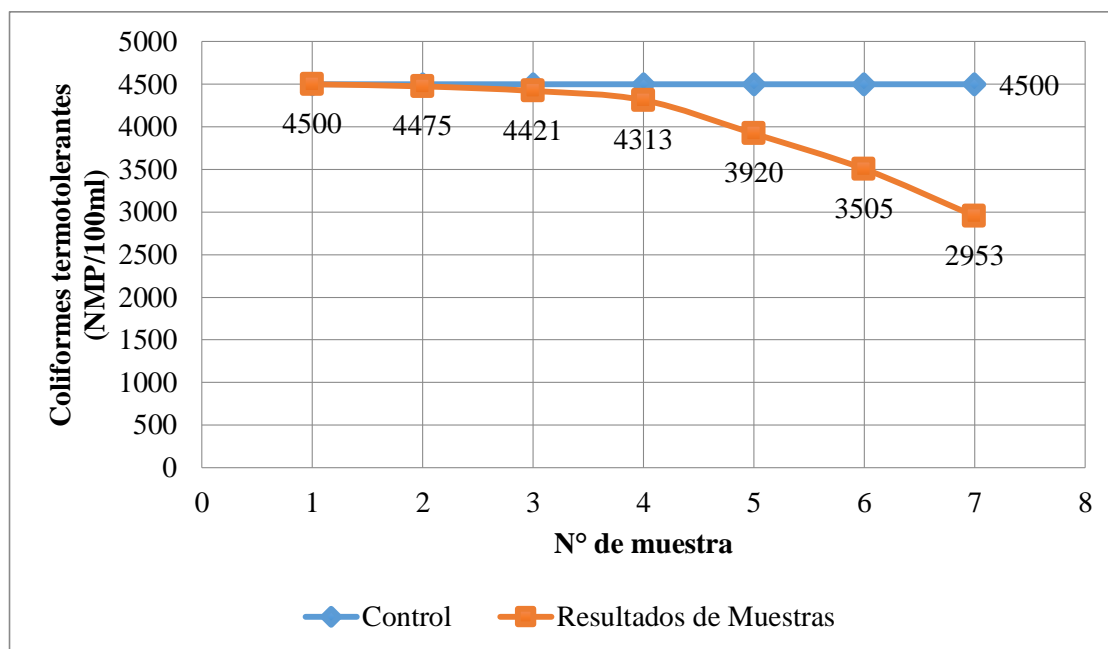
Interpretación:

De la figura 16, se puede interpretar que el agua residual doméstica de Azungue ingresa con una concentración de 4500 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes al tratamiento con jacinto de agua, esta concentración disminuye progresivamente durante los tres meses que duró el tratamiento, logrando llegar al tercer mes con 1642 NMP/100ml de coliformes termotolerantes.

Tabla 17*Tratamiento con Lemna minor- Coliformes Fecales*

Parámetro	N° Muestra	Control (M1)	Resultados de Muestras	Unidad
Coliformes Termotolerantes	M2 (15 días)		4475	NMP/100 ml
	M3 (30 días)		4421	
	M4 (45 días)		4313	
	M5 (60 días)	4500	3920	
	M6 (75 días)		3505	
	M7 (90 días)		2953	

Fuente: Resultados del laboratorio ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

Figura 17. Tratamiento con *Lemna minor*- Coliformes Fecales. (Fuente: Tabla 17.)

Interpretación:

En la figura 17, se puede observar el comportamiento que experimentó el parámetro coliformes termotolerantes del agua residual doméstica de la quebrada Azungue durante los 3 meses de tratamiento con lenteja de agua.

En este se puede observar que el agua ingresa con 4500 NMP/100ml de coliformes, pero al pasar el tiempo la lenteja de agua fue disminuyendo esta concentración progresivamente hasta llegar a 2953 NMP/100ml al finalizar las pruebas.

3.1.2.1. Determinar el porcentaje de remoción que obtuvo cada macrófita en la remoción por cada parámetro

El % de remoción se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de remoción} = \frac{[\text{concentración entrada}] - [\text{concentración salida}]}{[\text{concentración entrada}]} * 100$$

Tomando como datos la primera muestra que se obtuvo de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue sin ningún tratamiento, y la última muestra tomada al tercer mes del agua tratada con macrófitas.

Tabla 18

Comparación entre macrofitas de % de remoción de sólidos suspendidos

Parámetro /unidad	<i>Eichhornia crassipes</i>			<i>Lemna minor</i>		
	Muestra	Resultado	% Remoción	Muestra	Resultado	% Remoción
SST (mg/L)	Control	200		Control	200	
	Muestra 7 (90 días)	85	57.50%	Muestra 7 (90 días)	140	30.00%

Fuente: Elaboración Propia

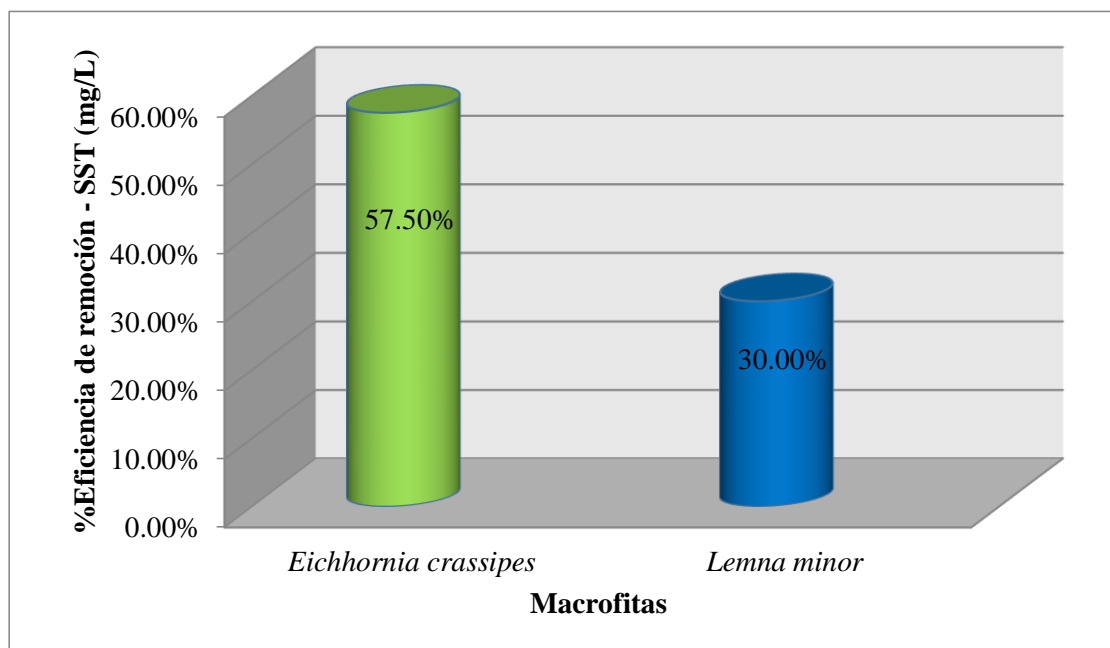


Figura 18. Comparación entre macrófitas de % de remoción de SST. (Fuente: Tabla 18.)

Interpretación:

En la figura 18, se observa la comparación del porcentaje de remoción de cada planta para remover el parámetro Sólidos suspendidos totales. El agua ingresó a cada reactor con 200 mg/L de SST, al pasar los 3 meses de tratamiento se puede apreciar en el Figura que la planta que más removió los SST por este lapso de tiempo fue la *Eichhornia crassipes* con un 57.50 % , la *Lemna minor* solo llegó a remover 30.00 %.

Tabla 19

Comparación entre macrófitas de % de remoción de turbiedad

Parámetro/ unidad	<i>Eichhornia crassipes</i>			<i>Lemna minor</i>		
	Muestra	Resultado	% Remoción	Muestra	Resultado	% Remoción
Turbiedad (UNT)	Control	50	68.00%	Control	50	58.00%
	Muestra 7 (90 días)	16		Muestra 7 (90 días)	21	

Fuente: Elaboración Propia

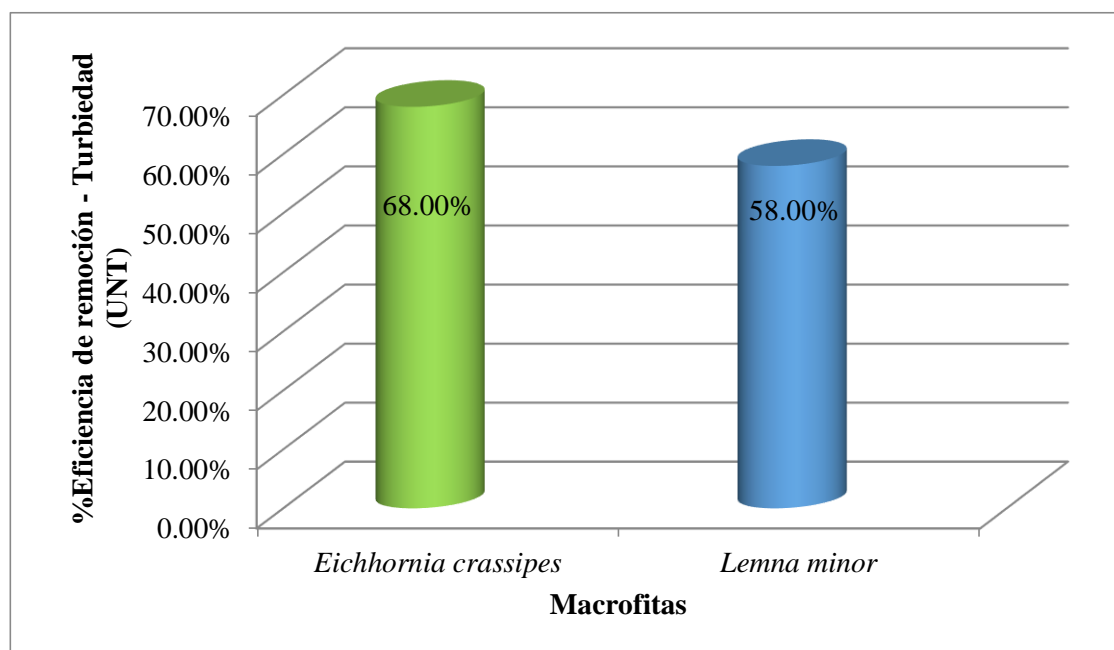


Figura 19. Comparación entre macrófitas de % de remoción de Turbiedad. (Fuente: Tabla 19.)

Interpretación:

En la figura se aprecia la comparación de % de remoción del parámetro turbiedad entre macrófitas, la *Eichhornia crassipes* con 68.00% fue la

que logró remover más turbiedad y la *Lemna minor* solo 58.00%. Esta diferencia se debe a que la *Eichhornia crassipes* en los tres meses de tratamiento mantuvo una temperatura más baja que la *Lemna minor*, además de que se ayudó con la sedimentación de los sólidos en el fondo del tanque.

Tabla 20

Comparación entre macrofitas de % de Remoción de DBO

Parámetro/ unidad	<i>Eichhornia crassipes</i>			<i>Lemna minor</i>		
	Muestra	Resultado	% Remoción	Muestra	Resultado	% Remoción
DBO (mgO ₂ /L)	Control	195	62.56%	Control	195	44.10%
	Muestra 7 (90 días)	73		Muestra 7 (90 días)	109	

Fuente: Elaboración propia

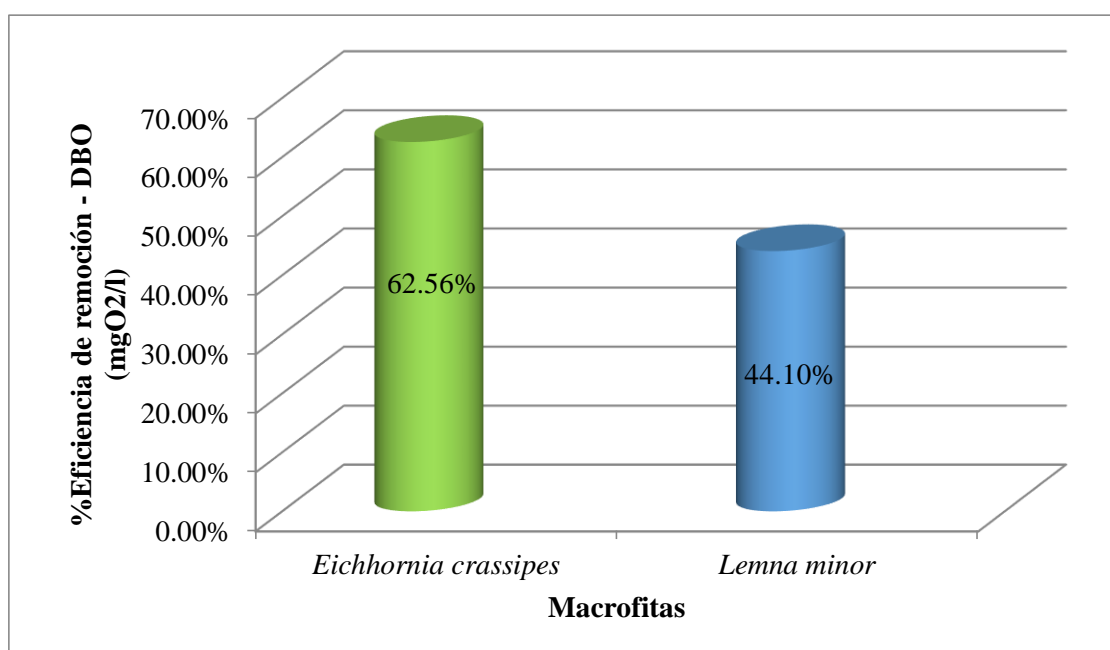


Figura 20. Comparación entre macrofitas de % de Remoción de DBO. (Fuente: Tabla 20.)

Interpretación: Se puede apreciar que nuevamente el jacinto de agua remueve más materia biodegradable, siendo 62.56% el porcentaje de remoción en comparación con la lenteja de agua que removió 44.10%. Esto debido a que la temperatura en el tanque con *Eichhornia crassipes* siempre fue levemente más fría que el tanque con *Lemna minor*, además

de que las raíces del jacinto de agua son mucho más largas y pueden inhibir mayor materia orgánica.

Tabla 21

Comparación entre macrofitas de % de remoción de coliformes termotolerantes

Parámetro/ unidad	<i>Eichhornia crassipes</i>			<i>Lemna minor</i>		
	Muestra	Resultado	% Remoción	Muestra	Resultado	% Remoción
	Control			Control		
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)		4500			4500	
	Muestra 7 (90 días)	1642	63.51%	Muestra 7 (90 días)	2953	34.38%

Fuente: Elaboración propia

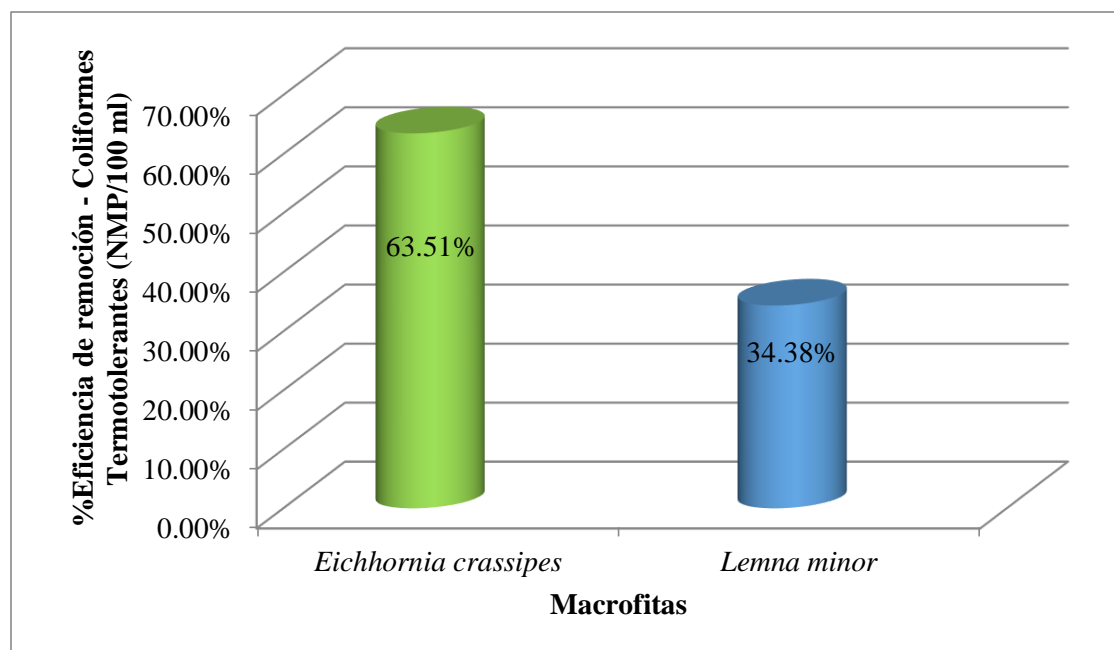


Figura 21. Comparación entre macrofitas de % de Remoción de coliformes termotolerantes. (Fuente: Tabla 21.)

Interpretación:

De la figura se puede interpretar que la *Eichhornia crassipes* fue la planta con mayor porcentaje de remoción para los coliformes termotolerantes llegando a remover 63.51%, pero no se diferencia mucho de la remoción que logró la *Lemna minor* ya que el porcentaje fue de 34.38%.

3.1.3. Determinar si los valores obtenidos de remoción de parámetros por cada sistema, son eficientes con relación a los Límites Máximos Permisibles para efluentes de Planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 22

Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NPM/100ml	10,000
D.B.O.	mg/L	100
D.Q.O.	mg/L	200
pH	unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en suspensión	ml/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: DS N° 003-2010 MINAM-Diario el Peruano

Tabla 23

Comparación entre resultados de tratamiento con Eichhornia crassipes y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-SST

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP	Unidad
SST	M1 (Control)	200	150	mg/L
	M2 (15 días)	195		
	M3 (30 días)	184		
	M4 (45 días)	171		
	M5 (60 días)	159		
	M6 (75 días)	129		
	M7 (90 días)	85		

Fuente: Elaboración propia

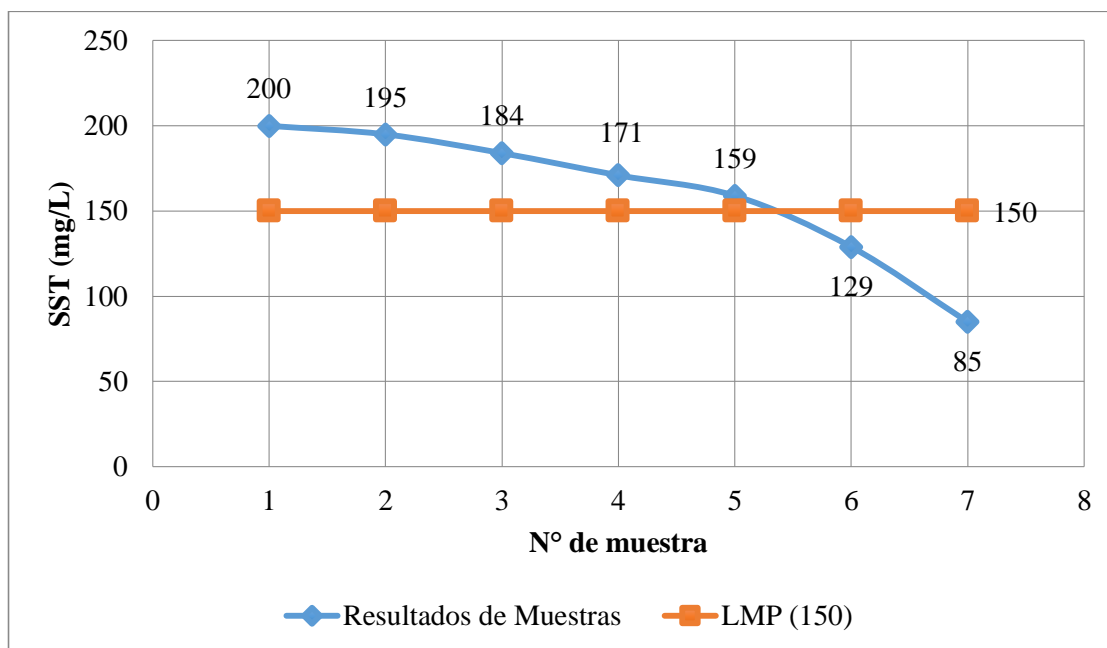


Figura 22. Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-SST. (Fuente: Tabla 23.)

Interpretación:

En la figura se puede apreciar que durante los 3 meses que duró el tratamiento con *Eichhornia crassipes*, la concentración de SST fue disminuyendo progresivamente, llegando a ser más notorio al tercer mes con 129 mg/L de SST ya que el descenso es bastante en comparación con el mes anterior.

El límite máximo permisible (DS N° 003-2010-MINAM) para este parámetro es 150 mg/L y en la figura se puede observar que la macrofita redujo la concentración de ingreso que se encontraba fuera de los LMP hasta reducirse a 85 mg/L, por lo que el sistema de tratamiento con esta macrofita es eficiente, ya que cumplió con disminuir la concentración inicial hasta por debajo del LMP.

Tabla 24

Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-SST

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP	Unidad
SST	M1 (Control)	200		mg/L
	M2 (15 días)	197		
	M3 (30 días)	189		
	M4 (45 días)	175	150	
	M5 (60 días)	166		
	M6 (75 días)	152		
	M7 (90 días)	140		

Fuente: Elaboración propia

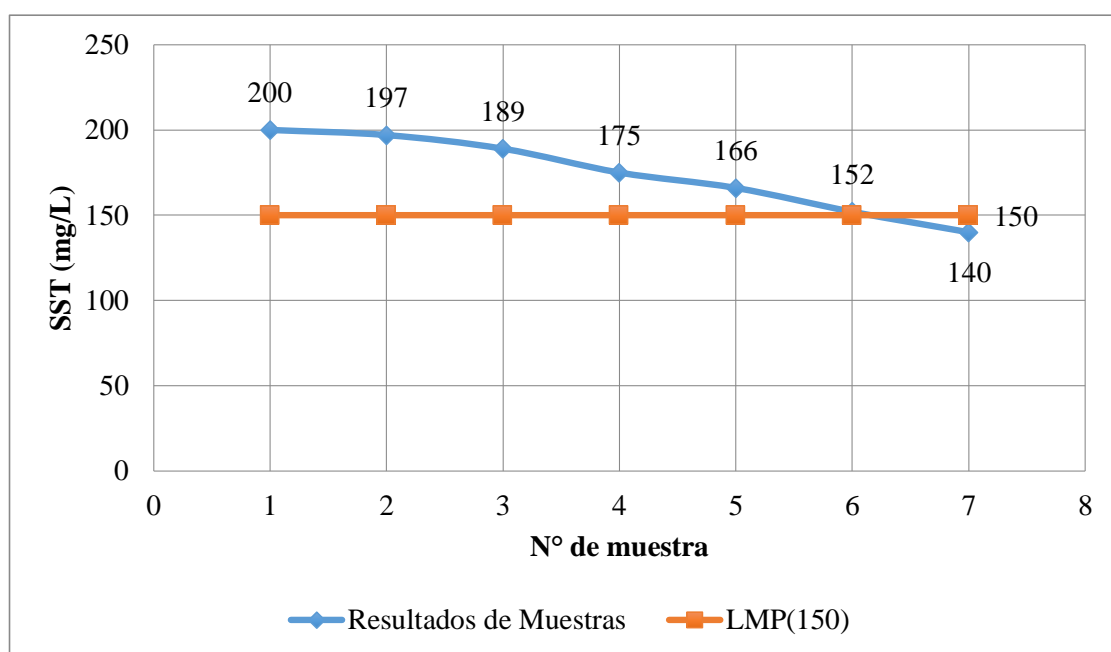


Figura 23. Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N° 003-2010-MINAM)-SST. (Fuente: Tabla 24.)

Interpretación:

En la figura 23, se puede apreciar la constante disminución de concentración que experimentó el parámetro SST del agua residual doméstica de la quebrada Azungue al ser tratada con *Lemna minor*. Pero a pesar de ser constante el descenso también fue lento en comparación con la *Eichhornia minor*, ya que el agua ingresó con 200 mg/L de SST y solo se redujo hasta 140 mg/L.

La norma peruana en los límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR, nos indica que el parámetro SST puede ser vertido a cuerpos de agua con un máximo de 150 mg/L y como se puede apreciar en el Figura la *Lemna minor* llegó a reducir los sólidos por debajo del LMP con 140 mg/L, por lo que el sistema fue eficiente en la remoción de este parámetro.

Tabla 25

Comparación entre resultados de tratamiento con Eichhornia crassipes y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Temperatura

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP (<35°)	Unidad
Temperatura	M1 (Control)	24	35	°C
	M2 (15 días)	24		
	M3 (30 días)	23.4		
	M4 (45 días)	23.6		
	M5 (60 días)	23.7		
	M6 (75 días)	23.5		
	M7 (90 días)	23.8		

Fuente: Elaboración propia

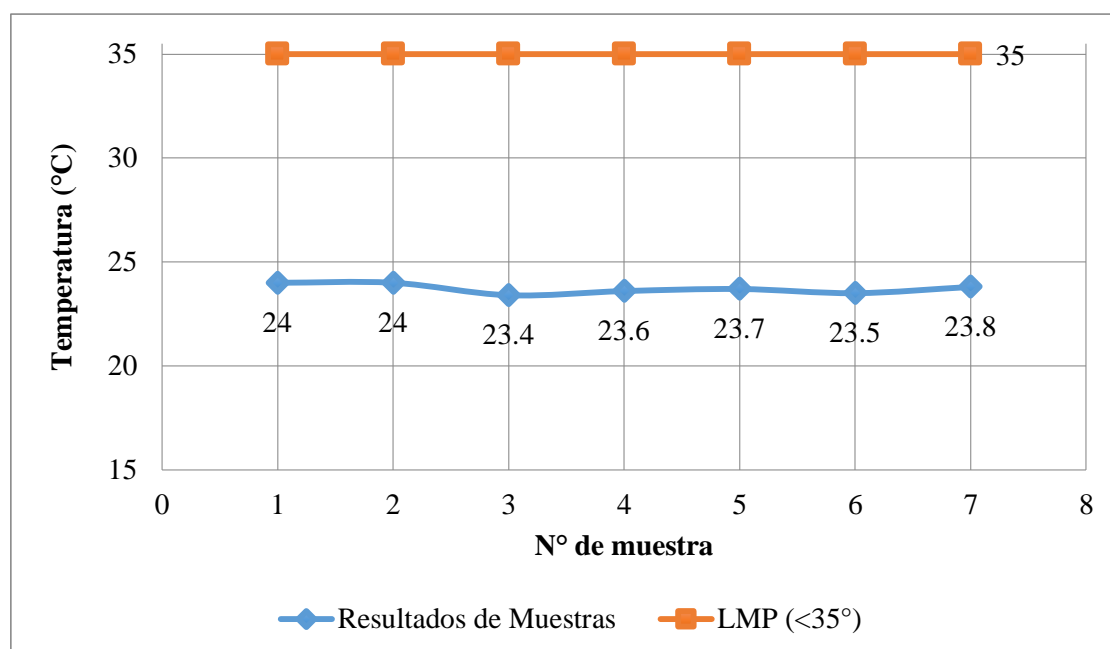


Figura 24. Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Temperatura. (Fuente: Tabla 25.)

Interpretación:

De la figura 24, se interpreta que la temperatura del agua residual doméstica de la quebrada Azungue tratada con *Eichhornia crassipes* en los 3 meses que duró la investigación, varió entre 24°C y 23°C. Siendo una temperatura se podría decir fresca debido a la sombra que brindan las hojas de la *Eichhornia crassipes*.

El LMP para este parámetro es de 35° C y como se puede apreciar en la figura, el agua tratada con el jacinto de agua no sobrepasó este valor. Cabe decir que el agua tampoco ingresó con un valor más alto que el LMP, siempre se mantuvo por debajo de este.

Tabla 26

Comparación entre resultados de tratamiento con Lemna minor y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Temperatura

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP (<35°)	Unidad
Temperatura	M1 (Control)	24	35	°C
	M2 (15 días)	24.7		
	M3 (30 días)	23.8		
	M4 (45 días)	23.9		
	M5 (60 días)	24		
	M6 (75 días)	23.8		
	M7 (90 días)	24.1		

Fuente: Elaboración propia

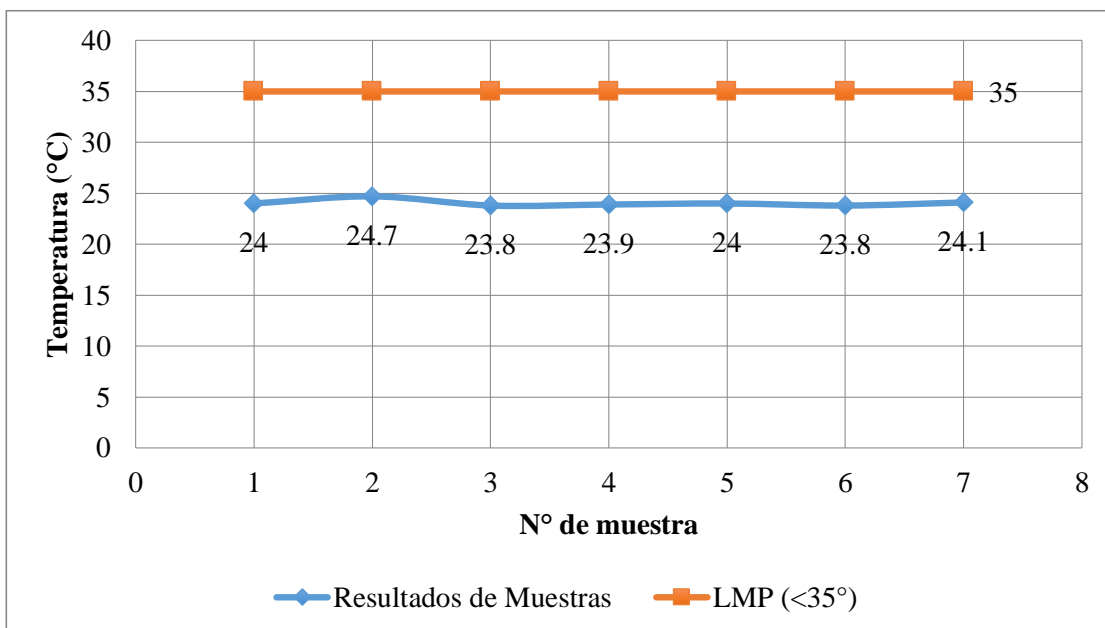


Figura 25. Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Temperatura. (Fuente: Tabla 26.)

Interpretación:

En la figura 25, se puede observar que la temperatura del agua residual doméstica de la quebrada Azungue tratada con *Lemna minor* varió entre 24° C y 23°C sin sobrepasar en ningún momento lo que nos indica el límite máximo permisible, que considera 35°C como máxima temperatura para que el agua puede ser vertida a un cuerpo receptor de agua.

Tabla 27

Comparación entre resultados de tratamiento con Eichhornia crassipes y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-DBO

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP	Unidad
DBO	M1 (Control)	195	100	mgO ₂ /L
	M2 (15 días)	173		
	M3 (30 días)	154		
	M4 (45 días)	131		
	M5 (60 días)	119		
	M6 (75 días)	95		
	M7 (90 días)	73		

Fuente: Elaboración propia

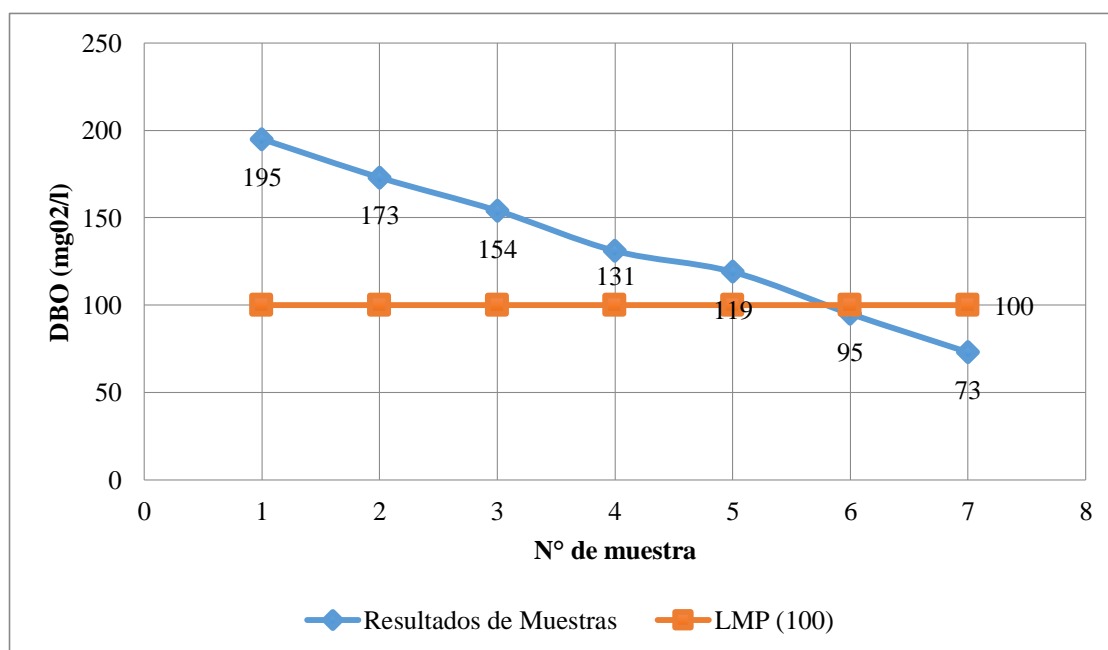


Figura 26. Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-DBO. (Fuente: Tabla 27.)

Interpretación:

En la figura 26, se observa que el agua residual doméstica al ingresar al sistema lo hizo con una concentración de 195 mgO₂/L de DBO, lo que quiere decir que la carga orgánica era alta. Al ser tratada con *Eichhornia crassipes* esta concentración fue descendiendo considerablemente hasta llegar a 73 mgO₂/L por lo que se encuentra muy por debajo del límite máximo permisible para efluentes de PTAR según la norma peruana, la cual nos indica que esta concentración debe ser máximo 100 mgO₂/L, por lo tanto el sistema con esta planta acuática fue eficiente para la remoción de este parámetro.

Tabla 28

Comparación entre resultados de tratamiento con Lemna minor y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-DBO

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP	Unidad
DBO	M1 (Control)	195		mgO ₂ /L
	M2 (15 días)	191		
	M3 (30 días)	182		
	M4 (45 días)	171	100	
	M5 (60 días)	157		
	M6 (75 días)	132		
	M7 (90 días)	109		

Fuente: Elaboración propia

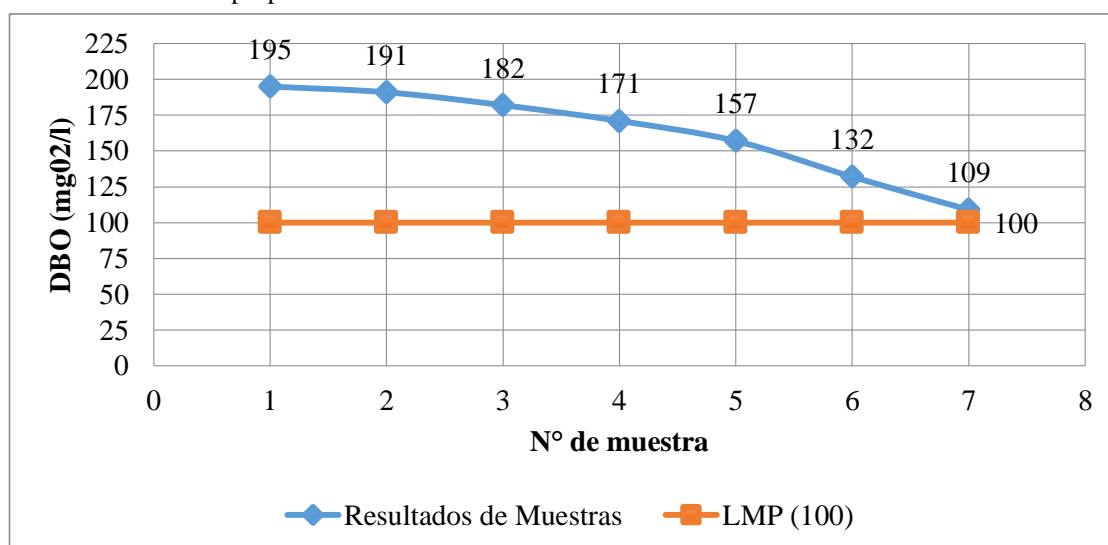


Figura 27. Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-DBO. (Fuente: Tabla 28.)

Interpretación:

En la figura 27, se puede observar la poca remoción de DBO que se obtuvo al tratar con *Lemna minor* el agua residual doméstica de la quebrada Azungue.

El límite máximo permisible para la DBO es 100 mgO₂/L, y en este caso la lenteja de agua solo llegó a remover hasta 109 mgO₂/L, por lo que no fue eficiente en la remoción de este parámetro y por ende no está apta para ser vertida en un cuerpo receptor de agua.

Tabla 29

Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-pH

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP (mínimo)	LMP (máximo)
pH	M1 (Control)	6.2		
	M2 (15 días)	6.4		
	M3 (30 días)	6.3		
	M4 (45 días)	6.8	6.5	8.5
	M5 (60 días)	6.9		
	M6 (75 días)	7.18		
	M7 (90 días)	7.23		

Fuente: Elaboración propia

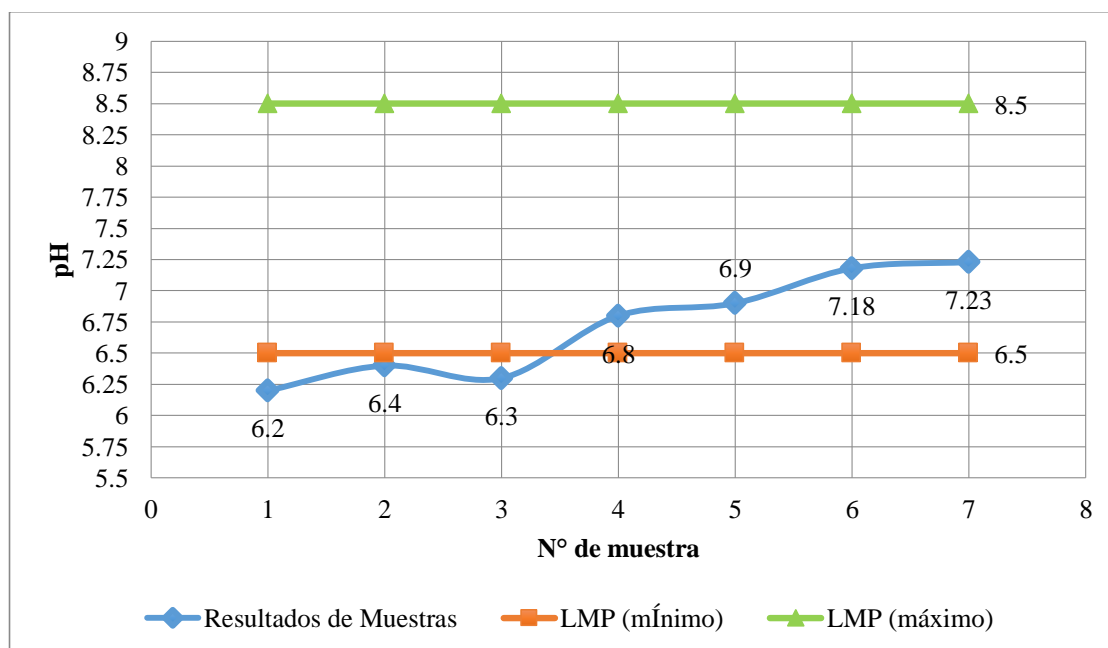


Figura 28. Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-pH. (Fuente: Tabla 29.)

Interpretación:

En la figura 28, se puede observar la variación que tuvo el parámetro pH del agua residual doméstica al ser tratada con *Eichhornia crassipes*, el cual se aprecia ascendió y descendió esto debido a que se encuentra vinculado a la variación de la temperatura. El pH es un factor importante en cualquier proceso biológico, pues determina muchos equilibrios químicos e influyen en los procesos metabólicos. Por lo tanto el LMP del pH en el agua residual tratada por una PTAR debe encontrarse en el rango de 6.5 a 8.5. Al finalizar la investigación a los 3 meses se logró llegar con un pH 7.23, por lo que el sistema es eficiente ya que el valor se encuentra dentro del rango establecido por el LMP.

Tabla 30

Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-pH

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP (mínimo)	LMP (máximo)
pH	M1 (Control)	6.2		
	M2 (15 días)	6.43		
	M3 (30 días)	6.35		
	M4 (45 días)	6.9	6.5	8.5
	M5 (60 días)	7		
	M6 (75 días)	7.25		
	M7 (90 días)	7.3		

Fuente: Elaboración propia

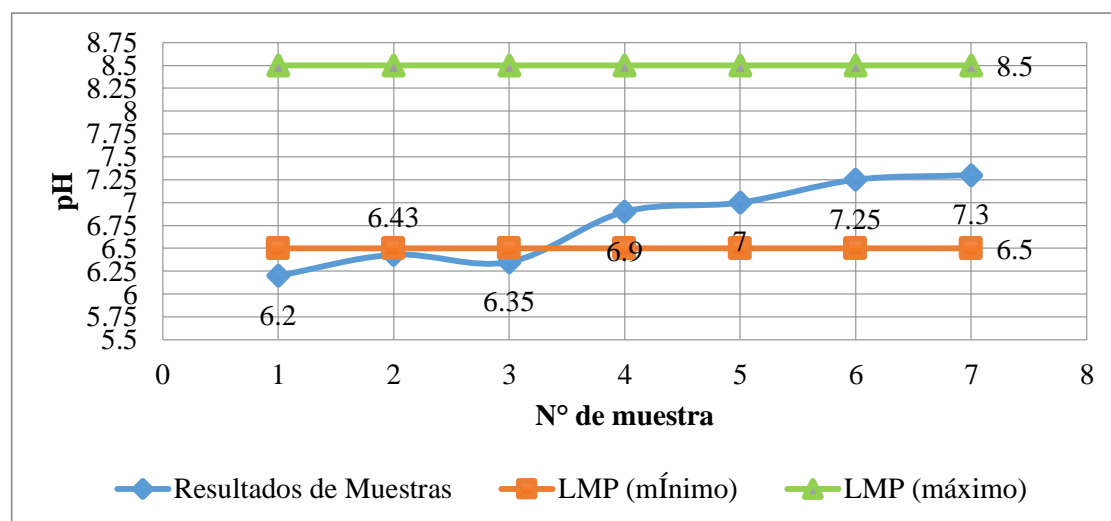


Figura 29. Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-pH. (Fuente: Tabla 30.)

Interpretación:

En la figura 29, se puede apreciar cómo el pH del agua residual doméstica de Azungue fue variando durante 3 meses al ser tratada con *Lemna minor*.

Este parámetro fue ascendiendo y descendiendo durante el proceso, para el último mes, se logró tener un pH de 7.3, el cual se encuentra dentro de los límites máximos permisibles para efluentes de PTAR que indica que este parámetro debe encontrarse en un rango de 6.5 a 8.5.

Tabla 31

Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP (10,000)	Unidad
Coliformes Termotolerantes	M1 (Control)	4500	10,000	NMP/100ml
	M2 (15 días)	4350		
	M3 (30 días)	4180		
	M4 (45 días)	3832		
	M5 (60 días)	3525		
	M6 (75 días)	2617		
	M7 (90 días)	1642		

Fuente: Elaboración propia

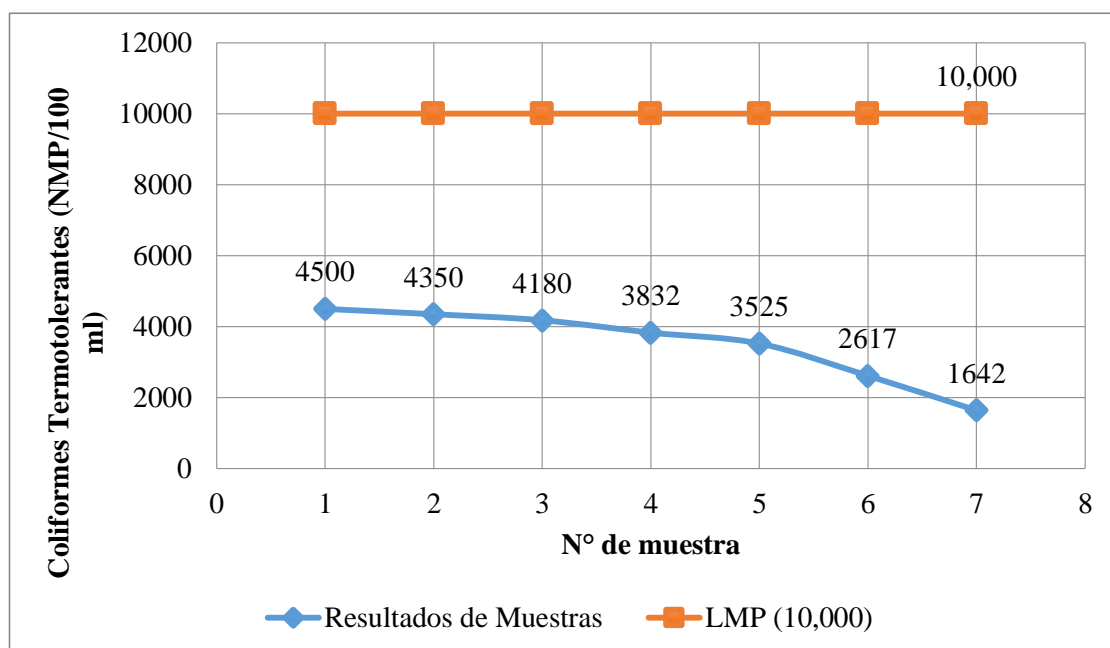


Figura 30. Comparación entre resultados de tratamiento con *Eichhornia crassipes* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes. (Fuente: Tabla 31.)

Interpretación:

En la presente figura se puede observar que el valor de los coliformes termotolerantes ingresó al sistema con 4500 NMP/100 ml el cual se encuentra por debajo del LMP (DS N° 003-2010-MINAM) que establece el valor máximo de 10,000 NMP/100 ml.

Tabla 32

Comparación entre resultados de tratamiento con Lemna minor y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes

Parámetro	N° Muestra	Resultados de Muestras	LMP (10,000)	Unidad
Coliformes Termotolerantes	M1 (Control)	4500	10,000	NMP/100ml
	M2 (15 días)	4475		
	M3 (30 días)	4421		
	M4 (45 días)	4313		
	M5 (60 días)	3920		
	M6 (75 días)	3505		
	M7 (90 días)	2953		

Fuente: Elaboración propia

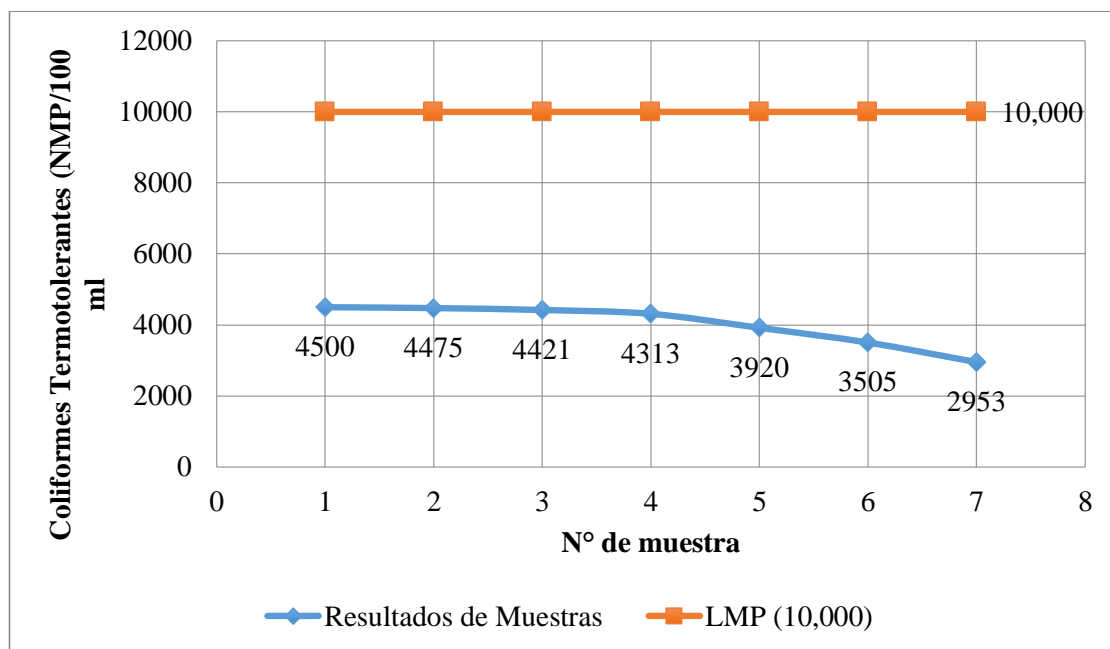


Figura 31. Comparación entre resultados de tratamiento con *Lemna minor* y el LMP (DS N°003-2010-MINAM)-Coliformes termotolerantes. (Fuente: Tabla 32.)

Interpretación:

En la presente figura se puede observar que el valor de los coliformes termotolerantes

ingresó al sistema con 4500 NMP/100 ml el cual se encuentra por debajo del LMP (DS N° 003-2010-MINAM) que establece que máximo debe ser 10,000 NMP/100 ml.

Pero la *Lemna minor* de igual manera cumplió con su función depuradora y removió coliformes termotolerantes hasta llegar a 2953 NMP/100ml.

3.2. Discusión

- La remoción de parámetros químicos demuestran que tanto la *Eichhornia crassipes* como la *Lemna minor* lograron que el pH del agua residual se acerque a la neutralidad. El agua residual que ingresó a los sistemas con macrofitas era ácida presentando un pH 6.2.

El tratamiento con *Eichhornia crassipes* subió los niveles de pH hasta 7.23; Valderrama (2005), manifiesta que *Eichhornia crassipes* estabiliza el pH y contribuye a producir valores más cercanos a la neutralidad del agua corroborando así lo dicho en esta investigación.

- En la remoción de DBO *Eichhornia crassipes* logró una remoción del 62.56 %. Este valor obtenido es corroborado por Obando (2006) donde *Eichhornia crassipes* removió DBO en un 89,3%. Además Rodríguez (2001) logró que *Eichhornia crassipes* disminuya la concentración de DBO en un rango de 80-90%, según este autor la disminución de los valores de demanda bioquímica oxígeno se debe a los microorganismos asociados a la zona radicular y la eficiencia en la eliminación de este parámetro está directamente relacionada con la densidad, cobertura y profundidad de esta especie en el agua.
- Las remociones obtenidas de los parámetros físicos por *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor* fue: Sólidos suspendidos totales en un 57.70% y 30.00% y turbiedad en un 68.00% y 58.00% respectivamente. Los resultados muestran que los tratamientos son muy buenos removedores de parámetros físicos, sin embargo *Eichhornia crassipes* logró remover más que *Lemna minor*. Celis (2005) manifiesta que *Eichhornia crassipes* posee un sistema de raíces, que tiene microorganismos asociados a ellas, lo que le permite remover los compuestos orgánicos y disminuir en gran manera los niveles de los parámetros físicos.
- Con respecto a la temperatura se demuestra que *Lemna minor* mantiene al agua con mayor calidez ya que toda vez que se medía este parámetro la *Eichhornia crassipes* siempre presentaba una temperatura más baja que la *Lemna minor*. Esto es corroborado por el trabajo de García (2012) donde indica que la temperatura en aguas

tratadas con *Eichhornia crassipes* puede disminuir hasta en un 3,9 °C, debido a la sombra que proveen sus hojas gruesas y anchas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- **Conclusiones**

- ✓ Se evaluaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual de la quebrada Azungue, teniendo como resultados los siguientes: Sólidos suspendidos totales 200 mg/l, DBO 195mgO₂/l, pH 6.2, Coliformes termotolerantes 4500 NMP/100ml y Temperatura 24°C, por lo que se concluyó que la mayoría de parámetros no se encontraban dentro de los Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM), siendo estos parámetros que no cumplen con lo establecido en la norma los SST, DBO y pH, por otro lado la Temperatura y los Coliformes termotolerantes se encontraron muy por debajo de lo que se indica en los LMP.
- ✓ Se analizaron los parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue tratadas con *Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*, concluyendo que ambas plantas realizan la labor de remoción de los parámetros, pero la *Eichhornia crassipes* cuenta con porcentajes más elevados de remoción en comparación con la *Lemna minor*, como por ejemplo para el caso de la DBO la *Eichhornia crassipes* logró remover en un 62.56% la carga orgánica que el agua contenía en un principio, por otro lado la *Lemna minor* solo logró remover 44.10%. Con respecto a la temperatura se puede concluir que la *Lemna minor* siempre mantiene una temperatura más elevada que la *Eichhornia crassipes*.
- ✓ Se determinó que el agua tratada con *Eichhornia crassipes*, logró descender todos los parámetros por debajo de los LMP, como es la DBO con 73 mgO₂/l, los SST con 85 mg/l. Por lo tanto se concluye que el sistema instalado con *Eichhornia crassipes* sí fue eficiente con respecto a la remoción de parámetros para encontrarse dentro de los LMP. Por otro lado la *Lemna minor* no fue muy eficiente ya que la remoción que realizó fue baja en comparación con la *Eichhornia crassipes*, sólo podemos hablar de eficiencia con respecto a los SST porque el valor está por debajo del LMP establecido el cual es 150mg/l y los SST del agua residual doméstica de Azungue bajó hasta 140 mg/l, de igual manera el pH también mostró un cambio positivo ya que de ácido (6.2) pasó a neutro (7.3). En síntesis, la *Eichhornia crassipes* fue más eficiente que la *Lemna minor* con relación a los Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR (DS N° 003-2010-MINAM).

- **Recomendaciones**

- ✓ Se recomienda que al realizar trabajos de investigación con este tipo de macrofitas, se las tenga en condiciones controladas ya que son atractivas para que los insectos habiten y por ende estos pueden atraer enfermedades que pueden afectar la salud pública.
- ✓ Se recomienda a las Municipalidades optar por la fitoremediación para las aguas residuales domésticas, ya que son menos costosas que los tratamientos químicos, además de que es amigable con el Ambiente, pero como ya se dijo antes, siempre deben cosecharse en condiciones controladas.
- ✓ Se recomienda realizar este mismo estudio en la quebrada Azungue, pero con un sistema continuo, ya que hay pruebas de que con este sistema las macrofitas son mucho más eficientes en remover la materia orgánica biodegradable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blazquez, P., & Montero, C. (2010).** *Reutilización de agua en Bahía Blanca Plata 3era Cuenca*. Buenos Aires, Argentina: Editorial de Universidad Tecnológica Nacional.
- Cooper, P. (1996).** *Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment*, WRc, Swindon.
- Curt, M. (2012).** *Macrófitas e interés en fitodepuración*.
- D.S. N° 003-2010-MINAM.** (17 de Marzo de 2010). Diario el Peruano.
- Fernández, A. (2007).** *Diccionario de dudas I-Z*. España: Ediciones Nobel.
- García, J. (2004).** *Depuración con sistemas naturales: humedales construidos*. ponencia presentada en el “IV Congrés Ibèric de Gestió i Planificació de l’Aigua”. Tortosa, España.
- García, J. W. (2004).** *Tesaurus de Ingeniería Ambiental y Sanitaria* (17° ed.).
- García, K., & Rodríguez, M. (2012).** *Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de San Martín-T, Moyobamba, Perú.
- García, Z. (2012).** *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Tesis de pre-grado. Facultad de Ingeniería Ambiental-Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- González, G. (2012).** *Microbiología del Agua-Conceptos y Aplicaciones* (Primera ed.). Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Hu, K. (1998).** *Design of a constructed wetland (pilot plant) for the reclamation of the river Besós*. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur. Universität für Bodenkultur.
- Instituto Galach. (1984).** *Historia natural*.
- Isla, R. (2007).** *Ingeniería Sanitaria y del Agua-Formulación y Diccionario*. Madrid: Bellisco Ediciones técnicas y científicas.

- Llagas, W., & Guadalupe, E. (2006).** *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. Revista del instituto de investigaciones FIGMMG, 85-96.
- Mara. (1976).** *Anexo IX. Aguas Residuales y Tratamiento de Efluentes Cloacales. Tratamiento de efluentes, caracterización, generalidades, definición y origen.*
- Metcalf, & Eddy. (2004).** *Wasterwater Engineering - Treatment and Reuse*. Fourth Edition.
- Paredes, J. (2015).** *Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia crassipes*. Tesis de posgrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Romero, J. (2000).** *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Seónaez, M. (1999).** *Aguas residuales: tratamiento por humedales artificiales, fundamentos científicos. Tecnologías, diseño*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Tuesta, N. (2016).** *Evaluación de las especies Lemna minor L. ("Lenteja de agua") y Eichhornia crassipes M. ("Jacinto de agua") en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo*. Tesis de pre-grado. Facultad de Ecología, Universidad Nacional de San Martín-T, Moyobamba, Perú.
- Zimmels, F., & Malkovskaja, A. (1995).** *Application of eichhornia crassipes and pistia stratiotes for treatment of urban sewage in israel. Journal of environmental management.*

Referencias Virtuales

- Alianza por el agua, Manual de depuración de aguas residuales urbanas. (2008).** Obtenido de Manual de depuración de aguas residuales urbanas.
- Camacho, A. (2010).** *Tratamiento terciario de aguas residuales*. Obtenido de <https://prezi.com/sphk7mrprm3y/tratamiento-terciario-de-aguas-residuales/>
- Centro regional de investigaciones científicas y tecnológicas, Macrofitas. (2007).** Obtenido de www.cricyt.edu.ar

Fernández, J. (2014). *Manual de fitodepuración. Filtros de macrofitas en flotación.*

Obtenido de <http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/>

Generación y tratamiento de aguas residuales por la EPS saneamiento a nivel nacional.

(2012). Obtenido de http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Gran Diccionario de la Lengua Española. (2016). Obtenido de

<https://es.thefreedictionary.com/ecosistema>

Jacinto de Agua. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Jacinto_de_agua

Lenteja de agua. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Lenteja_de_agua

Mendonca. (1987). *Alcantarillado condominal, una estrategia de saneamiento para alcanzar los objetivos del milenio en el contexto de los municipios saludables.*

Obtenido de

http://www.cepis.org.pe/bvsacg/guialcalde/2sas/d24/059_Alcantarillado_CondominalLampoglia/Alcantarillado%20Condominial%20-%20Teresa.pdf

ONU. (2010). *La calidad del agua y el saneamiento.* Obtenido de

http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/swm_cities_zaragoza_2010/pdf/01_water_quality_and_sanitation_spa.pdf

Plan regional de saneamiento integral de la Región San Martín. (2012). Obtenido de

<https://www.regionsanmartin.gob.pe/OriArc.pdf?id=67512>

Plantas macrofitas . (2017). Obtenido de <https://www.floresyplantas.net/plantas-macrofitas/>

Spanish Oxford Living dictionaries. (s.f.). Obtenido de

<https://es.oxforddictionaries.com/definicion/eficiente>

Spinelli, M. (s.f.). *Efluentes.* Obtenido de

<https://www.mendozaconicet.gob.ar/portal/enciclopedia/terminos/Efluentes.htm>

Vaca, M., Magdaleno, C., Sosa, C., Monroy, M., & Jiménez, C. (s.f.). *Tratamiento terciario de aguas residuales por filtración e intercambio iónico.* Obtenido de

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01126e14.pdf>

ANEXOS

Anexo 01

Informe de análisis de muestra control (agua residual doméstica cruda de la quebrada Azungue)



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 105-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Muestra Control de Agua Residual Doméstica.

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 15-10-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:12 a.m.

MUESTREADO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 21-10-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	50.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	200.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	6.20
04	TEMPERATURA	°C	<35	24.0
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	195.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	4500.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140674
 TITULAR GERENTE

Anexo 02

Informe de análisis de muestra 1 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Eichhornia crassipes*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 106-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 1)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EICCHORNIA CRAAIPPES

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-10-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:10 a.m.

MUESTREO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 05-11-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	46.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	195.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	6.4
04	TEMPERATURA	°C	<35	24.0
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	173.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	4350.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Ing. Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP. N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 03

Informe de análisis de muestra 1 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Lemna minor*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 107-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015."

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 1)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : LEMNA MINOR

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-10-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:20 a.m.

MUESTREADO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 05-11-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	48.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	197.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	6.43
04	TEMPERATURA	°C	<35	24.7
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	191.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	4475.0

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 04

Informe de análisis de muestra 2 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Eichhornia crassipes*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 112-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 2)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EICHHORNIA CRASSIPES

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 14-11-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:15 a.m.

MUESTREO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 20-11-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	40.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	184.0
03	pH	Potencial de Hidrógeno	6.5-8.5	6.3
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.4
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	154.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	4180.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 05

Informe de análisis de muestra 2 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Lemna minor*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 113-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 2)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : LEMNA MINOR

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 14-11-2016.

FECHA DE EMISIÓN : 20-11-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	43.0
02	SST	mg/L	150	189.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	6.35
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.8
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	182.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	4421.0

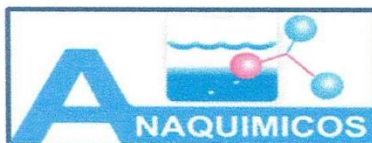


ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140674
 TITULAR GERENTE

Anexo 06

Informe de análisis de muestra 3 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Eichhornia crassipes*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 115-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 3)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EICCHORNIA CRASSIPPES

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 29-11-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:25 a.m.

MUESTREADO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 04-12-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	34.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	171.0
03	PH	Potencial de Hidrógeno	6.5-8.5	6.8
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.6
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	131.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	3832.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 07

Informe de análisis de muestra 3 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Lemna minor*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 116-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 3)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EI LEMNA MINOR

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 29-11-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:32 a.m.

MUESTREADO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 04-12-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	37.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	175.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	6.9
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.9
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	171.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	4313.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 08

Informe de análisis de muestra 4 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Eichhornia crassipes*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 122-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 4)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EICHHORNIA CRASSIPES

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 14-12-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:13 a.m.

MUESTREADO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 20-12-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	28.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	159.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	6.9
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.7
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	119.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	3525.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 09

Informe de análisis de muestra 4 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Lemna minor*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 123-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 4)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : LEMNA MINOR

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 14-12-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:18 a.m.

MUESTREADO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 20-12-2016

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	32.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	166.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	7.0
04	TEMPERATURA	°C	<35	24.0
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	157.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	3920.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Ing. Samuel López Chávez

CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 10

Informe de análisis de muestra 5 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Eichhornia crassipes*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 0125-2016/ANAQUIMICOS S.G. E.I.R.L./CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 5)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EICHHORNIA CRASSIPES

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 29-12-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:00 a.m.

MUESTREO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 04-01-2017

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	21.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	129.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	7.18
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.5
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	95.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	2617.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 11

Informe de análisis de muestra 5 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Lemna minor*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 126-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 5)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : LEMNA MINOR

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 29-12-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:09 a.m.

MUESTREO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 04-01-2017

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	27.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	152.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	7.25
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.8
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	132.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	3505.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 12

Informe de análisis de muestra 6 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Eichhornia crassipes*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 012-2017/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINNOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 6)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : EICHHORNIA CRASSIPES

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 13-01-2017.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:17 a.m.

MUESTREO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 19-01-2017

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	16.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	85.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	7.23
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.8
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	73.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	UFC/100 ml	10,000	1642.0



ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Ing. Samuel López Chávez

CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 13

Informe de análisis de muestra 6 del tratamiento de agua residual doméstica de la quebrada de Azungue con *Lemna minor*



ESPECIALISTAS EN CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICO Y BIOLÓGICO DE
AGUA Y SANEAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 126-2016/ANAQUIMICOS S.G EIRL/CC

SOLICITANTE : KATTY LISETH VARGAS TORRES

PROYECTO : “EVALUACIÓN DE EICHHORNIA CRASSIPES Y LEMNA MINOR EN LA REMOCIÓN DE PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA QUEBRADA AZUNGUE DE LA CIUDAD DE MOYOBAMBA, 2015.”

PUNTO DE MUESTREO : Quebrada Azungue.

MUESTRA : Agua Residual Doméstica. (Muestra 5)

COORDENADAS : X 280155 / Y 9333110

TRATAMIENTO : LEMNA MINOR

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 29-12-2016.

HORA TOMA DE MUESTRA : 10:09 a.m.

MUESTREO : Por el Solicitante.

FECHA DE EMISIÓN : 04-01-2017

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	L.M.P	RESULTADOS
01	TURBIEDAD	U.N.T	-----	27.0
02	SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN (SST)	mg/L	150	152.0
03	pH	Unidad	6.5-8.5	7.25
04	TEMPERATURA	°C	<35	23.8
05	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	mg/L	100	132.0
06	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100 ml	10,000	3505.0



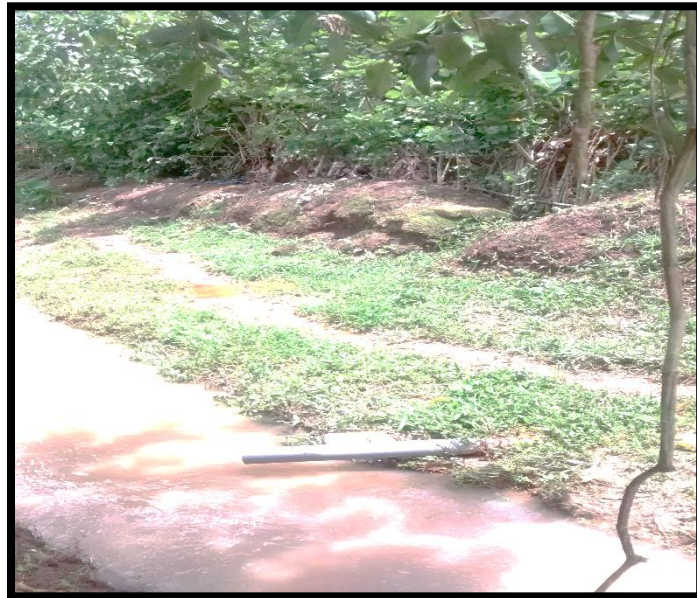
ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

Samuel López Chávez
Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Anexo 14

Panel fotográfico

Quebrada Azungue-Moyobamba



Toma de muestra del agua residual doméstica de la quebrada Azungue



Recolección de Jacintos de Agua



Recolección de Lentejas de agua



Tanque para tratamiento del agua residual doméstica de Azungue con Jacintos de Agua.



Tanque para tratamiento del agua residual doméstica de Azungue con Lentejas de Agua.

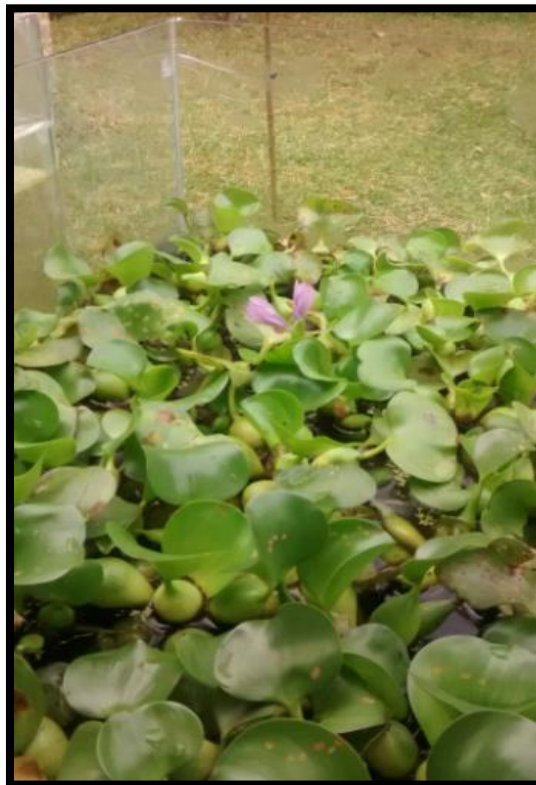
Toma de muestra para ser enviada a laboratorio del agua tratada con Jacintos de agua.



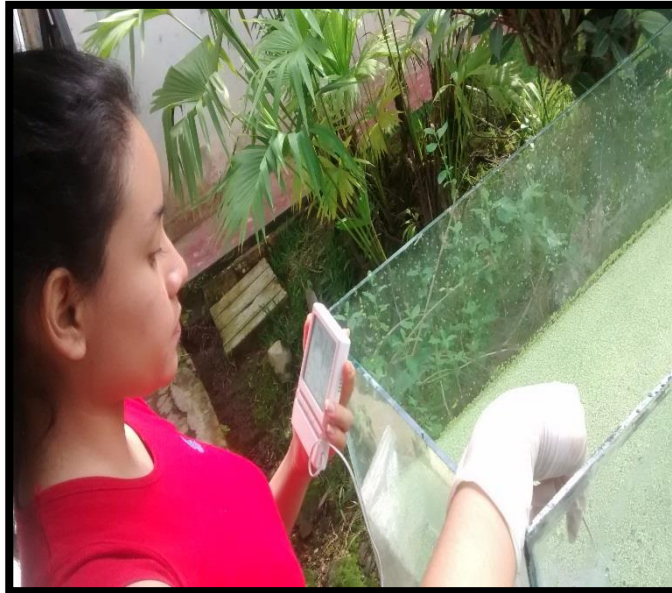
Toma de muestra para ser enviada a laboratorio del agua tratada con Lentejas de agua.



Florecimiento de Jacinto de Agua.

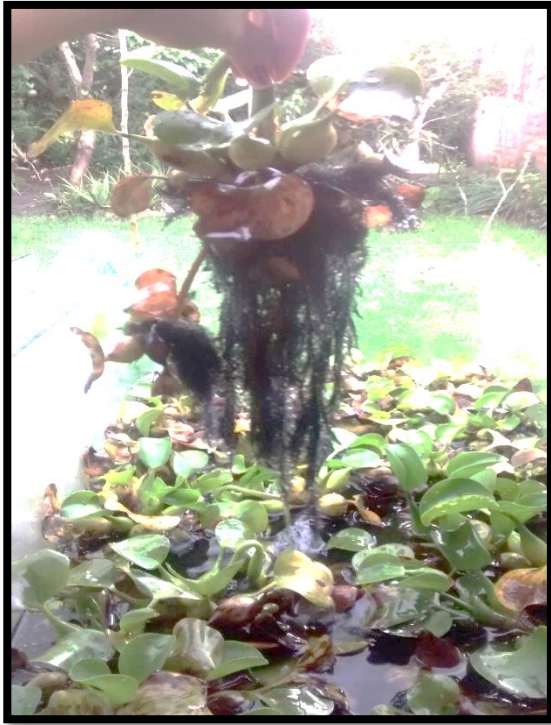


Medición de temperatura del agua en
ambos tanques.



Raíz de Jacinto de agua al iniciar la
investigación.





Raíz de Jacinto de agua al finalizar la investigación.