

12.9%

Resultados del Análisis de los plagios del 2023-11-25 01:09 UTC  
TESIS José Potosí FINAL Presentar.pdf

Fecha: 2023-11-24 23:43 UTC

\* Todas las fuentes 36 | ● Fuentes de internet 36

<input checked="" type="checkbox"/>	[0]	<a href="http://revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf">revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf</a>	3.0%	21 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[1]	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7000/Tesis%20de%20Ra%C3%ADl%20Bruga.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7000/Tesis de Raúl Bruga.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	2.3%	30 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[2]	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_ba3dd788fd104670969b9bb715d416ac/Details">alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_ba3dd788fd104670969b9bb715d416ac/Details</a>	1.8%	18 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[3]	<a href="http://vsip.info/libro-desarrollo-organizacional-y-cambio-cummings-pdf-free.html">vsip.info/libro-desarrollo-organizacional-y-cambio-cummings-pdf-free.html</a>	1.0%	21 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[4]	<a href="http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1870-04622011000200002">www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1870-04622011000200002</a>	1.3%	12 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[5]	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/869?show=full&amp;locale=es">repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/869?show=full&amp;locale=es</a>	0.8%	5 resultados 1 documento con coincidencias exactas
<input checked="" type="checkbox"/>	[7]	<a href="http://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/2337/T0000622.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/2337/T0000622.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>	1.0%	16 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[8]	<a href="http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf">www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf</a>	0.8%	20 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[9]	<a href="http://apps.utel.edu.mx/recursos/files/r161r/w25302w/Tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf">apps.utel.edu.mx/recursos/files/r161r/w25302w/Tratamiento de aguas residuales.pdf</a>	0.6%	12 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[10]	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT_31ec4c928011667cb97a39939b16305c">alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USAT_31ec4c928011667cb97a39939b16305c</a>	0.6%	12 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[11]	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1680-03382017000300008">scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1680-03382017000300008</a>	0.6%	12 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[12]	<a href="http://www.floresyplantas.net/myriophyllum-aquaticum/">www.floresyplantas.net/myriophyllum-aquaticum/</a>	0.6%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[13]	<a href="http://condorchem.com/es/blog/caracterizacion-del-agua-residual/">condorchem.com/es/blog/caracterizacion-del-agua-residual/</a>	0.5%	8 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[14]	<a href="http://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/tratamiento-de-aguas-residuales-y-descontaminacion-del-agua">es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/tratamiento-de-aguas-residuales-y-descontaminacion-del-agua</a>	0.5%	11 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[15]	<a href="http://www.restauracionpaisajistica.com/la-fitodepuracion-de-aguas-residuales/">www.restauracionpaisajistica.com/la-fitodepuracion-de-aguas-residuales/</a>	0.4%	9 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[16]	<a href="http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO%20especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/M_P/Myriophyllum%20aquaticum.pdf">sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas tecnicas_OK/02Fichas tecnicas/Fichas técnicas CONABIO_especies exóticas/Fichas plantas invasoras/M_P/Myriophyllum aquaticum.pdf</a>	0.4%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[17]	<a href="http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n2/0718-0764-infotec-29-02-00205.pdf">www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n2/0718-0764-infotec-29-02-00205.pdf</a>	0.3%	6 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[18]	<a href="http://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/para-que-sirve-la-oxigenacion-de-las-aguas-residuales">es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/para-que-sirve-la-oxigenacion-de-las-aguas-residuales</a>	0.3%	7 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[19]	<a href="http://extension.psu.edu/bacterias-coliformes">extension.psu.edu/bacterias-coliformes</a>	0.2%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[20]	<a href="http://plantalife.es/como_plantar_myriophyllum_aquaticum/">plantalife.es/como_plantar_myriophyllum_aquaticum/</a>	0.3%	4 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[21]	<a href="http://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3051_Fontana.pdf">bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3051_Fontana.pdf</a>	0.2%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[22]	<a href="http://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=68248">www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=68248</a>	0.2%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[23]	<a href="http://miraladiferencia.com/uncategorized/diferencia-entre-agua-distilada-y-agua-purificada-con-tabla/">miraladiferencia.com/uncategorized/diferencia-entre-agua-distilada-y-agua-purificada-con-tabla/</a>	0.1%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[24]	<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Total_de_s%C3%B3lidos_en_suspensi%C3%B3n">es.wikipedia.org/wiki/Total_de_sólidos en suspensión</a>	0.1%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[25]	<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Desecho_organico">es.wikipedia.org/wiki/Desecho orgánico</a>	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[26]	<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/Fotos%C3%ADntesis">es.wikipedia.org/wiki/Fotosíntesis</a>	0.1%	3 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[27]	<a href="http://sosteniblosustentable.com/es/medio-ambiente/que-es-contaminacion-ambiental-causas-consecuencias/">sosteniblosustentable.com/es/medio-ambiente/que-es-contaminacion-ambiental-causas-consecuencias/</a>	0.1%	1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[28]	<a href="http://es.wikipedia.org/wiki/S%C3%B3lidos_suspensos">es.wikipedia.org/wiki/Sólidos suspendidos</a>	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[29]	<a href="http://www.ecologiaverde.com/50-plantas-acuaticas-nombres-y-caracteristicas-con-imagenes-1720.html">www.ecologiaverde.com/50-plantas-acuaticas-nombres-y-caracteristicas-con-imagenes-1720.html</a>	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[30]	<a href="http://knoow.net/es/ciencias-tierra-vida/biologia-es/organismos-multicelulares/">knoow.net/es/ciencias-tierra-vida/biologia-es/organismos-multicelulares/</a>	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[31]	<a href="http://quimica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/03/laboratorio_quimica_general_02.pdf">quimica.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2020/03/laboratorio_quimica_general_02.pdf</a>	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[32]	<a href="http://www.fundacionaquea.org/wiki/eliminar-la-contaminacion-en-aguas-residuales/">www.fundacionaquea.org/wiki/eliminar-la-contaminacion-en-aguas-residuales/</a>	0.1%	2 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[33]	<a href="http://www.bing.com/ck/a?!&amp;&amp;p=5ccf962b6245bb14JmldHM9MTcwMdc4NDAwMczpZ3VpZD0zODdhMGUxZC03YzFiLTZkOTctMzYwNi0xZGM5N2RhZjZjMDgmaW5zaWQ9NTI0MQ&amp;pin=3&amp;ver=2&amp;hsh=3&amp;">www.bing.com/ck/a?!&amp;&amp;p=5ccf962b6245bb14JmldHM9MTcwMdc4NDAwMczpZ3VpZD0zODdhMGUxZC03YzFiLTZkOTctMzYwNi0xZGM5N2RhZjZjMDgmaW5zaWQ9NTI0MQ&amp;pin=3&amp;ver=2&amp;hsh=3&amp;</a>	0.0%	1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[34]	<a href="http://context.reverso.net/translation/spanish-english/materiales%20suspendidos">context.reverso.net/translation/spanish-english/materiales suspendidos</a>	0.0%	1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[35]	<a href="http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S2007-11322018000300151">www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S2007-11322018000300151</a>	0.0%	1 resultados
<input checked="" type="checkbox"/>	[36]	<a href="http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-19572017000200001">www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0718-19572017000200001</a>	0.0%	1 resultados

96 páginas, 15925 palabras

Nivel del plagio: 12.9% seleccionado / 13.1% en total

153 resultados de 37 fuentes, de ellos 37 fuentes son en línea.

#### Configuración

Directiva de data: *Comparar con fuentes de internet, Comparar con documentos propios*

Sensibilidad: *Media*

Bibliografía: *Considerar Texto*

Detección de citas: *Reducir PlagLevel*

Lista blanca: --

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de  
Riesgos

TESIS

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO<sub>5</sub>, DQO, SST,  
NITRATOS Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL  
EFLUENTE DEL COMPLEJO TURÍSTICO EN BAÑOS DEL  
INCA UTILIZANDO MYRIOPHYLLUM AQUATICUM

Autor:

Bach: José Gustavo Potosí Quispe

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Arango Llantoy

Cajamarca – Perú

Noviembre - 2023

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de  
Riesgos

TESIS

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO<sub>5</sub>, DQO, SST,  
NITRATOS Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL  
EFLUENTE DEL COMPLEJO TURÍSTICO EN BAÑOS DEL  
INCA UTILIZANDO MYRIOPHYLLUM AQUATICUM

Tesis presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental y  
Prevención de Riesgos

Autor:

Bach: José Gustavo Potosí Quispe

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Arango Llantoy

Cajamarca – Perú  
Noviembre - 2023

COPYRIGHT © 2022 BY:

José Gustavo Potosí Quispe

Todos los Derechos Reservados

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO GUILLERMO URRELO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y PREVENCIÓN  
DE RIESGOS

APROBACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIEROAMBIENTAL

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO<sub>5</sub>, DQO, SST,  
NITRATOS Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL  
EFLUENTE DEL COMPLEJO TURÍSTICO EN BAÑOS DEL  
INCA UTILIZANDO MYRIOPHYLLUM AQUATICUM

Presidente : Dr. Persi Vera Zelada

Secretario : Mag. Alcibiades Aurelio Martos Díaz

Vocal : Dr. Miguel Ángel Arango Llantoy

Asesor : Dr. Miguel Ángel Arango Llantoy

## Dedicatoria

A mis padres por incommensurable apoyo,

orientación y amor hacia mi persona, los mismos  
que me permitieron seguir caminando hacia el  
horizonte de los logros y el perfeccionamiento

### Agradecimientos

A mi asesor por su constante apoyo y orientación en la realización de este trabajo  
de investigación.

A las autoridades que me permitieron el uso de las instalaciones del Complejo  
Turístico del Baños del Inca

## ÍNDICE

Dedicatoria .....	v
Agradecimientos .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	13
1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Formulación del problema de investigación .....	16
1.3. Objetivos .....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	18
2.1. Discusión teórica .....	18
2.2. Teorías que sustentan la investigación.....	18
2.3. Bases teóricas .....	24
2.4. Definición de términos básicos .....	26
2.5. Ubicación de la zona de estudio .....	33
2.6. Hipótesis.....	34
2.7. Operacionalización de variables.....	34
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	35
3.1. Tipo de investigación.....	35
3.2. Diseño de investigación .....	35
3.3. Dimensión temporal y espacial .....	35
3.4. Unidad de Análisis, Universo y Muestra .....	36
3.5. Métodos de investigación.....	36
3.6. Técnicas e instrumentos de investigación.....	36
3.7. <b>Procesamiento de análisis de datos</b> .....	37
3.8. Aspectos éticos de la investigación .....	38
CAPÍTULO IV. RESULTADO y DISCUSIÓN .....	39
4.1. Resultados .....	39
4.2. Discusión.....	85
CAPITULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES .....	89

5.1. Conclusiones .....	89
5.2. Recomendaciones .....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2 Concentraciones en agua residual .....	39
Tabla 3 Concentraciones en agua con fitodepuración .....	49
Tabla 4 Comparación entre agua residual y con fitodepuración .....	56
Tabla 5 Pruebas de normalidad.....	61
Tabla 6 Estadísticas de grupo .....	<sup>[22]</sup> 61
Tabla 7 Prueba de muestras independientes .....	62
Tabla 8 Pruebas de normalidad.....	64
Tabla 9 Estadísticas de grupo .....	65
Tabla 10 Prueba de muestras independientes .....	66
Tabla 11 Pruebas de normalidad.....	68
Tabla 12 Estadísticas de grupo .....	69
Tabla 13 Prueba de muestras independientes .....	70
Tabla 14 Pruebas de normalidad.....	72
Tabla 15 Estadísticas de grupo .....	73
Tabla 16 Prueba de muestras independientes .....	74
Tabla 17 Pruebas de normalidad.....	76
Tabla 18 Estadísticas de grupo .....	77
Tabla 19 Prueba de muestras independientes .....	78
Tabla 20 Pruebas de normalidad.....	80
Tabla 21 Estadísticas de grupo .....	81
Tabla 22 Prueba de muestras independientes .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sólidos totales en suspensión en el agua residual y agua con fitodepuración.....	50
Figura 2 Sólidos totales en suspensión promedio en el agua residual y agua con fitodepuración.....	51
Figura 3 Turbidez en el agua residual y agua con fitodepuración.....	52
Figura 4 Turbidez promedio en el agua residual y agua con fitodepuración .....	53
Figura 5 Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en el agua residual y agua con fitodepuración.....	54
Figura 6 Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) promedio en el agua residual y agua con fitodepuración .....	55
Figura 7 Resumen de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno (Agua residual) .....	58
Figura 8 Resumen de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno (Agua con fitodepuración) .....	59
Figura 9 Resumen de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno en las muestras de estudio .....	60
Figura 10 Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración.....	63
Figura 11 Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración.....	67
Figura 12 Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración .....	71
Figura 13 Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración.....	75
Figura 14 Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración.....	79
Figura 15 Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración.....	83

## RESUMEN

La ciudad de Cajamarca cuenta con un complejo turístico que recibe a los turistas internos como externo y que diariamente brinda sus servicios desde ya hace muchos años. El efluente de este complejo turístico es vertido directamente al Río Mashcón sin ningún tipo de tratamiento ni control, posteriormente estas aguas con alto contenido contaminante y sin tratamiento previo son utilizadas para el riego de hortalizas, pastizales y/o para bebida de animales desde el momento de su vertimiento hasta donde se tenga la facilidad de hacerlo. El presente trabajo de investigación pretende determinar la eficiencia remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, nitratos y coliformes termotolerantes por *Myriophyllum aquaticum*, en sistema de tratamiento a escala de laboratorio bajo condiciones controladas, utilizando el efluente del complejo turístico de Baños del Inca, con el fin de determinar la eficiencia de remoción de *Myriophyllum aquaticum* comúnmente llamada “Cola de zorro” con trabajos de investigación ya realizados en otras locaciones; para ello se desarrollará un programa de monitoreo con una duración de tres meses y una frecuencia quincenal de los parámetros descritos anteriormente. El trabajo se realizó en la fase de campo, en el mismo que se realizó la instalación del sistema de tratamiento de la planta para la purificación del agua residual de la ciudad de Baños del Inca con el uso de *Myriophyllum aquaticum*; por otro lado, se realizó la fase de laboratorio para el análisis de la presencia de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, nitratos y de las Coliformes termotolerantes.

Palabras Clave: Aguas residuales, fitodepuración, *Myriophyllum aquaticum*

## ABSTRACT

The city of Cajamarca has a tourist complex that receives both internal and external tourists and has provided its services daily for many years. The effluent from this tourist complex is discharged directly into the Mashcón River without any type of treatment or control. Later, these waters with a high polluting content and without previous treatment are used to irrigate vegetables, pastures and/or for animal drinking from the moment of its discharge to where it is easy to do so. This research work aims to determine the removal efficiency of BOD5, COD, TSS, nitrates and thermotolerant coliforms by *Myriophyllum aquaticum*, in a laboratory-scale treatment system under controlled conditions, using the effluent from the Baños del Inca tourist complex, with the purpose of In order to determine the removal efficiency of *Myriophyllum aquaticum* commonly called "Foxtail" with research work already carried out in other locations; For this, a monitoring program will be developed with a duration of three months and a fortnightly frequency of the parameters described above. The work was carried out in the field phase, in which the treatment system of the plant was installed for the purification of residual water from the city of Baños del Inca with the use of *Myriophyllum aquaticum*; on the other hand, the laboratory phase was carried out for the analysis of the presence of BOD5, COD, TSS, nitrates and thermotolerant coliforms.

Keywords: Wastewater, phytodepuration, *Myriophyllum aquaticum*

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

La especie que se ha elegido como elemento removedor de algunos componentes contaminantes de las aguas residuales domésticas es *Myriophyllum aquaticum* comúnmente llamada “Cola de zorro”, porque tiene según veremos por investigaciones realizadas por varios autores; una alta capacidad de remoción de estos elementos y por lo tanto la convierte como entre otras especies una candidata para trabajar y demostrara la capacidad y alta eficiencia para lograr el objetivo del presente trabajo de investigación.

Según Islas, J. (2020) en su trabajo de investigación estudió el proceso de remoción de arsénico, cadmio y cobre, de agua residual industrial cuyas concentraciones se encontraban por arriba de los límites máximos permisibles que establece la normativa mexicana, mediante el proceso de fitoextracción. Se realizaron tres experimentaciones: (1) mezcla de contaminantes en medio neutro, (2) mezcla de contaminantes en medio ácido y (3) contaminantes sin estar en mezcla en medio neutro. La fitoextracción se realizó mediante la implementación de un humedal artificial utilizando las plantas acuáticas: lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), sirena (*Myriophyllum aquaticum*) y lentejuela (*Wolffia columbiana*). Se determinó su potencial como plantas fitoextractoras mediante el factor de bioconcentración, el cual indicó que en cadmio y cobre las especies resultaron hiperacumuladoras (porque su concentración superó el 0.1 % en biomasa seca) y sólo son acumuladoras de arsénico. También se estudió la cinética de fitoextracción de arsénico y cadmio, logrando obtener los parámetros del modelo de Michaelis-Menten, destacando la velocidad máxima de remoción para *Eichhornia crassipes* (1.021 mg As kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), *Myriophyllum aquaticum* (0.080 mg As kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; 0.616 mg Cd kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) y *Wolffia*

columbiana (0.666 mg As kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>; 1428 mg Cd kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), necesarios para la predicción del tiempo y la velocidad de remoción de estos contaminantes en cuerpos de agua con diferentes concentraciones, así como la biomasa necesaria para la restauración.

Según Jiménez, L. (2016) nos muestra que evaluó la eficiencia de *Elodea canadensis* Michx (llacho) y *Myriophyllum quitensis* Kunth (hinojo) y para la remoción de nitrógeno Total y fósforo Total, en acuarios en laboratorio, con mezcla (agua patrón + aguas del sector) contaminada, desde 00 a 30 días y 30 a 60 días.

Para determinar Nitrógeno Total, se utilizó el método kjeldahl y para la cuantificación de Fósforo Total fue experimentado por el método de ácido ascórbico, y sus indicadores de contaminantes, intervinientes son; pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Solubles Totales (SST). Para lo cual se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial. Los resultados nos llevan a que: Las aguas residuales de la bahía interior de Puno presenta en promedio 2.21 mg NT/L, y en Fósforo Total 1.36 mg PT/L, los intervinientes evaluados, presentan valores altos, por tanto, la bahía interior de Puno esta eutrofizado. Por otra parte; la eficiencia de macrófitos en acuarios en aguas diluidas, *Myriophyllum* es más eficientes en absorber Nitrógeno Total (NT) hasta 35 días como óptimo. Por otro lado, se evaluó *Elodea canadensis*, presenta más eficaz para remover iones de fósforo Total a los 29 días con dilución, y sin diluir hasta los 37 días. Este método es una alternativa para remediar aguas de la bahía interior de Puno.

A su vez Bustamante, J. (2014), en su tesis nos indica que el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de las plantas *Pistia stratiotes* y *Myriophyllum*

aquaticum en la remoción de Ni, Cr (VI) y Cu del agua de los canales de la Zona Lacustre de Xochimilco, herramienta clave para su posible empleo en sistemas de tratamiento o como bioindicadores en la contaminación de cuerpos de agua. Los resultados indicaron que ambos tratamientos son capaces de remover los metales pesados Ni, Cr (VI) y Cu del agua. Siendo Myriophyllum aquaticum aparentemente más eficiente en la remoción de Cr (VI) y Cu, mientras que, Pistia stratiotes resulto ser aparentemente más eficiente en la remoción de Ni. Estadísticamente ambas plantas no mostraron diferencias significativas Ni  $t = -1.250$  ( $p = 0.279$ ), Cr (VI)  $t = 0.182$  ( $p = 0.865$ ) y Cu  $t = 0.459$  ( $p = 0.670$ ).

Perales (2008) en el estudio titulado <sup>[11]</sup> "Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Grande de la provincia de Celendín", <sup>[9]</sup> analizó los nitratos del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín, determinando que el efluente contenía 12.64 mg/L en abril de 2007. Las concentraciones excesivas de nitratos causan trastornos sanguíneos (DIGESA 2002). Además, los nitratos y fosfatos son los principales causantes de la eutrofización (Echarri 1998).

<sup>[7]</sup> Por otro lado, debido a que la ciudad de los Baños del Inca no tiene plantas de tratamiento de aguas servidas, ni contenedores, menos purificadores de aguas residuales, todas las tuberías desembocan en tres puntos del río Chonta, siendo espacios en los que se proliferan una serie de microorganismos, muchos de los cuales pueden provocar enfermedades a las personas, animales y plantas. Además, debido al recorrido del agua del río Chonta, puede llegar a otros espacios, contaminando sembríos y contaminando la producción del ganado vacuno y otras especies.

<sup>[15]</sup> Por ello, la problemática de las aguas servidas y residuales, atendiendo su peligro y riesgos en el desarrollo de los diferentes ecosistemas, es importante tener en cuenta

el estudio para el tratamiento de las mismas. Nace la necesidad de poder plantear alternativas eficientes y sobre todo amigables con el medio ambiente, que tengas un tratamiento eficiente para poder cumplir con el cuidado del medio ambiente y sobre todo de las fuentes de agua que como es sabido por todos tiene un uso secundario en diversas actividades, pudiendo causar daños a la salud pública y al medio ambiente principalmente.

#### 1.1.1. Descripción de la realidad problemática

El problema de investigación se centra en la necesidad de descontaminar las aguas residuales de la ciudad de los baños del inca, para que, una vez utilizada de manera directa o indirecta, cuando entra al torrente del río Chonta, no sea un elemento contaminante de los valles, y con ello de la agricultura, ganadería y desarrollo humano.

#### 1.2. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, nitratos y coliformes termotolerantes del efluente del complejo turístico en Baños del Inca utilizando *Myriophyllum aquaticum*?

#### 1.3. Objetivos

##### 1.3.1. Objetivo General

- Determinar la eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, nitratos y coliformes termotolerantes del efluente del complejo turístico en Baños del Inca utilizando *Myriophyllum aquaticum*.

##### 1.3.2. <sup>[ 1 ]</sup>Objetivos específicos

- Evaluar la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, nitratos y coliformes termotolerantes; provenientes del afluente y efluente del sistema de

tratamiento con *Myriophyllum aquaticum*.

- Evaluar los parámetros fisicoquímicos de campo: temperatura ( $T^{\circ}$ ), pH, caudal del afluente y efluente del sistema de tratamiento con *Myriophyllum aquaticum*.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Discusión teórica

Actualmente, existen diversos trabajos de investigación respecto a los microorganismos causantes de enfermedades, sobre ellos se conocen las enfermedades que pueden producir; sin embargo, no existen trabajos focalizados respecto a la presencia de ciertos microorganismos causantes de enfermedades; por lo que, con el presente trabajo de investigación, lo que se pretende es realizar un estudio en una zona específica del Complejo Turístico de Baños del Inca, específicamente referente a las aguas servidas y residuales, en el cual debido a factores como presencia de materia orgánica, desagües y aguas residuales, existe la presencia de microorganismos causantes de enfermedades; por lo que, se harán los análisis microbiológico del agua, luego el estudio de quienes han sufrido enfermedades por la contaminación con dichos microorganismos; por lo que, es necesario evaluar la efectividad de la fitodepuración de las aguas servidas y residuales que produce la ciudad de Baños del Inca.

### 2.2. Teorías que sustentan la investigación

#### 2.2.1. Teoría de la proliferación de microorganismos

Los microorganismos, además de su diminuto tamaño, visualizados con microscopio, incluso con el apoyo de técnicas de tinción de manera específica, sin las cuales no pueden ser visualizadas, su desarrollo en el medio ambiente y ecosistema responde a una serie de factores, en función a los cuales puede manifestarse un incremento o disminución de los mismos; por lo que, si bien es cierto, también son constituyentes del entorno natural, su desbalance en su proliferación acarrea graves consecuencias en el desarrollo de las cadenas y redes alimenticias, toda vez que dificultan el normal desarrollo de los procesos metabólicos, de crecimiento o salud de las

personas. Además, como afirma Reynoso et al., (2015), en muchas ocasiones, la proliferación de microorganismos conlleva a generar cuadros de enfermedades, sobre todo cuando existe un ambiente en el que se desarrollan, acceden a un huésped o infectan de manera directa a las personas o animales, son causantes de enfermedades, la cantidad de microorganismos es alta y existe rutas de transmisión o predisposición de la población, debido a su cercanía a las fuentes contaminadas o porque el desarrollo de la dinámica diaria depende de fuentes de agua en las cuales se proliferan los microorganismos.

Según Solomon et al., (2013), los microorganismos son seres vivos, que, de manera general, están formados por un conjunto de seres procariotas (que no presentan membrana nuclear), dentro de los cuales están las bacterias, arqueobacterias y algas verde azules o cianofíceas. Este grupo de seres vivos, proliferan en diferentes contextos ambientales, muchos de ellos dentro de los organismos de los seres vivos. Por otro lado, los protozoarios (seres unicelulares con núcleo celular), dentro de los cuales están el grupo de los flagelados, ciliados, sarcodinos o rizópodos y protozoos. Desde esta perspectiva, en cada espacio existen un sinnúmero de microorganismos, cuya reproducción de manera acelerada provoca una serie de cambios ambientales, y puede producir una serie de enfermedades en las personas y demás seres vivos.

Por otro lado, cuando se habla de la reproducción de los seres vivos, de manera específica de los microorganismos, estos, a diferencia de los seres vivos multicelulares, tienen mecanismos de reproducción en corto tiempo; por lo que, en condiciones ambientales, de unos pocos microorganismos en minutos, horas o máximo pocos días, pueden incrementarse de manera desmesurada, generando

cambios en el ecosistema con consecuencias que pueden ir desde la alteración ambiental hasta la generación de enfermedades en las personas y animales. Por ello, cuando se desarrolla contenido referente a la reproducción de microorganismos, es evidente, como manifiesta Rodríguez (2011), la reproducción de dichos seres vivos, se realiza en pocos tiempos, con mecanismos de reproducción asexual, tales como la bipartición, esporulación, conjugación, entre otros mecanismos.

En síntesis, la proliferación de los microorganismos, tanto procariotas y eucariotas, responden a una serie de factores ambientales, siendo necesario los nutrientes, específicamente materia orgánica, la misma, sin dejar de lado los nutrientes de la naturaleza, están los insertados productos de la contaminación, tales como materia orgánica, aguas residuales y desechos de los desagües; por lo que, la abundancia de dichos materiales permitirá la reproducción de microorganismos.

#### 2.2.2. Contaminación del agua y proliferación microbiana

La contaminación ambiental entre otras consecuencias, genera una serie de cambios

en el ecosistema, con ello una evidente alteración de las redes y cadenas alimenticias. Pero es importante mencionar, por la naturaleza del presente trabajo de investigación, se desarrollará aspectos relacionados con la contaminación de microorganismos, específicamente de la contaminación del agua de los ríos con microorganismos. Para la contaminación de los ríos con microorganismos, como indica Sherman (1994), los microorganismos en el agua, mientras tengan los nutrientes suficientes, se proliferan de manera rápida y continua.

Es decir, en casos concretos, tal y como sucede en el río Chonta, debido a la presencia de nutrientes, tales como materia orgánica procedentes de restos de alimentos, desagües y aguas residuales, son el espacio perfecto para que los

microorganismos se incrementen, y con ello se produzca una contaminación microbiana.

Por otro lado, los microorganismos responden a ciclos cortos de reproducción; por lo que, mientras existan las condiciones ambientales, mayormente cuando existe los sustratos para ello, la contaminación microbiana es evidente, más aún, si las condiciones son creadas por la contaminación ambiental de la actividad humana. Ello puede manifestarse, por ejemplo, en las cuencas de los ríos, sobre todo cuando estos pasan por la ciudad o bordeándolas, el agua de los ríos puede verse afectadas cuando los pobladores arrojan basura, materia orgánica, desechos orgánicos e incluso de desagües. Por eso se conoce que: “La eliminación de las excretas y aguas domésticas mediante el sistema de alcantarillado representa sin duda una solución sanitariamente adecuada, pero ello no quiere decir que no conlleve problemas e inconvenientes” (Organizaciones Comunitarias Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento OCSAS 2012).

El agua, según Andueza (2014), en su publicación de Microbiología del agua, cuando existen condiciones de proliferación microbiana, pueden reproducirse de manera asexual y rápida, entre las especies más comunes se pueden mencionar, la *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Leptospira*, *Mycobacterium*, *Entamoeba*, *Acanthamoeba*, *Giardia*, *Schistosoma*, *Salmonella*, *Yersinia*, entre otros.

### 2.2.3. Microorganismos típicos en aguas residuales

#### A. Bacterias

Ríos, Agudelo y Gutiérrez (2017), describen que en su mayoría son

bacterias entéricas, provenientes del tracto gastrointestinal de animales y humanos, denominadas bacterias fecales, cuya capacidad de

sobrevivir y reproducirse en el agua es restringida dado el estrés fisiológico que presenta el medio acuoso. Poseen características que las hacen tener algunas ventajas sobre otros organismos, como la metodología de muestreo estandarizado y muy bien definido para obtener una respuesta rápida a cambios ambientales como la contaminación, son indicadores de contaminación fecal a corto plazo por descarga de desechos y a largo plazo.

#### B. Virus

Ríos, Agudelo y Gutiérrez (2017), establecen en su artículo los virus

son la principal causa de morbilidad y mortalidad en las enfermedades de transmisión hídrica y en ningún caso se consideran flora normal del tracto gastrointestinal de animales y humanos. El 87% de enfermedades virales transmitidas por agua son causadas por el virus de la Hepatitis, Adenovirus y Rotavirus. Dentro los más destacados están Enterovirus, Virus de la hepatitis, Rotavirus, Calicivirus.

#### C. Parásitos

Dentro de los parásitos patógenos transmitidos por el agua se

encuentran dos grupos: protozoos y helmintos.

Entre los protozoos, como refieren Ríos, Agudelo y Gutiérrez (2017), menciona que las formas parasitarias, quistes u oquistes y trofozoitos, son en su mayoría retenidos en el proceso de filtración de los sistemas de tratamiento y algunos son resistentes a la cloración, son causantes de enfermedades diarreicas en las especies que parasitan y, en algunas ocasiones, son organismos oportunistas causantes de enfermedades

graves e incluso la muerte en niños, ancianos y pacientes inmunocomprometidos. Los protozoos patógenos más encontrados en aguas contaminadas son: *Giardia intestinalis*, *Entamoeba histolytica*, *Balantidium coli*, *Toxoplasma gondii*, *Blastocystis* sp., *Enterocytozoon bieneusi*, *Encephalitozoon intestinalis*, *Cryptosporidium* spp.

#### 2.2.4. La fitodepuración de aguas

Para la descontaminación de las aguas, cualquiera sea su procedencia, se puede realizar de varias maneras; por un lado, es procedente la depuración con la aplicación de tecnologías modernas, las mismas que implican la utilización de equipos de alta tecnología, con ello elevados costos; y por otro lado, la depuración de las aguas mediante la aplicación de mecanismos naturales que van de acuerdo con la dinámica del ecosistema; vale decir de utilización de recursos naturales para descontaminar el mismo medio ambiente. Esta técnica comprende la fitodepuración.

Según Ferro (2019), la fitodepuración se basa en que la naturaleza dispone de sus propios mecanismos de supervivencia y autogestión; por lo que, la utilización de mecanismos de la naturaleza para controlar la contaminación de la misma naturaleza, implica no invadir los espacios naturales con tecnologías que descontaminan, porque si bien es cierto, permiten mejorar el medio ambiente, también es cierto que se convierten en mecanismos invasivos del medio ambiente, que provocan otros cambios en el entorno natural. Vale decir, la fitodepuración es la utilización del mismo medio ambiente, o recursos disponibles del mismo, para descontaminar sin alterar los procesos naturales, ni la dinámica del ecosistema, sino

más bien, siendo parte de ello.

### 2.3. Bases teóricas

No existen muchas investigaciones acerca de la eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno y coliformes termotolerantes por *Myriophyllum aquaticum*, sin embargo, en estudios de remoción de amonio, ortofosfatos, nitratos, cromo, hierro, zinc y arsénico se puede evidenciar la eficiencia de remoción que presenta esta hidrófita.

Romero et al. (2011), en un estudio titulado “Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro”, estudió la eficiencia de remoción de amonio, ortofosfatos y nitratos por *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Myriophyllum aquaticum* de agua de rastro previamente tratada con sistemas anaerobios en serie, los resultados fueron que la remoción de amonio por las diferentes

hidrófitas durante un periodo de 15 días, fue de 98 % con *Lemna gibba* y de 98 % con *Eichhornia crassipes* y de 100 % con *Myriophyllum aquaticum*. La remoción de ortofosfatos solamente se dio con *Myriophyllum aquaticum*, presentando así una remoción del 63 %, los nitratos sólo fueron removidos con *Myriophyllum aquaticum* y *Lemna gibba* en comparación con *Eichhornia crassipes* que no presentó remoción, aun así, la mayor remoción para nitratos fue con *Myriophyllum aquaticum* con un 82 % concluyendo que la hidrófita más eficiente para la remoción de nutrientes fue *Myriophyllum aquaticum*.

En el año 2016, Bautista, en la tesis titulada “fitorremediación utilizando *Myriophyllum aquaticum* para la remoción de cromo total de efluentes líquidos de la industria de pinturas en Chacra Cerro. Perú. 2016” para optar el título profesional de ingeniero ambiental, realizado en Lima estudió la eficiencia del *Myriophyllum aquaticum* para la remoción de cromo total, cuyo estudio consistía en 4 tratamientos que contenían 10 litros de efluente líquido de la industria de pintura y 11 tallos de la hidrófita por cada

tratamiento, los resultados fueron que en el tratamiento N° 1 a las 20 horas de contacto con la hidrófita el cromo total disminuyó de 2,75 mg/L a 1,09 mg/L, en el tratamiento N° 2 a las 40 horas de contacto con la hidrófita disminuyó de 2,75 mg/L a 1,47 mg/L, en el tratamiento N° 3 a las 60 horas de contacto con la hidrófita disminuyó de 2,75 mg/L a 0,88 mg/L y en el tratamiento N° 4 a las 80 horas de contacto con la hidrófita disminuyó de 2,75 mg/L a 0,011 mg/L.<sup>[5]</sup> Llegando a la conclusión de que la eficiencia del *Myriophyllum aquaticum* en la remoción de cromo total es del 99.6%.

En el año 2016, Mendoza et al., en la tesis titulada “Fitorremediación acuática con *Myriophyllum aquaticum* para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc – Cajamarca” para optar el título profesional de ingeniero ambiental y de recursos naturales realizado en Callao se estudió la adaptabilidad y tolerancia del *Myriophyllum aquaticum* a diferentes unidades de pH y la tolerancia de esta hidrófita a concentraciones de 1000, 600, 300 y 100 ppm de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  y 100, 50, 30 y 10 ppm de  $\text{ZnSO}_4$ , llegando a la conclusión de que el *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) se adapta y tolera rangos de unidades de pH 4 a 7 pero muestra un mejor desarrollo a un pH ácido de 4 unidades además esta hidrófita se adapta y tolera concentraciones menores de 100 ppm de Zn y concentraciones menores de 1000 ppm de Fe. Sin embargo, cabe resaltar que presenta un buen desarrollo y crecimiento a concentraciones menores de 30 ppm de Zn y concentraciones menores de 600 ppm de Fe, sin presentar signos de intoxicación, mientras que a concentraciones de 1000 ppm muestra signos de intoxicación en su fisiología.

En el año 2017, Pochuanca, en la tesis titulada “Supervivencia, crecimiento y respuesta fisiológica de *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. en relación a diferentes concentraciones de arsénico con fines de su uso en rizofiltración” para optar el título profesional de bióloga realizado en Arequipa en donde se estudió la tolerancia

del *Myriophyllum aquaticum* al arsénico, el estudio consistió en tratar las plantas con concentraciones de 4, 8, 16 y 32 ppm de arseniato de sodio ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$ ) diluida con nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , y un control sin arsénico, por el periodo de 32 días. Se midió la tasa de crecimiento absoluto TCA (número y longitud de la raíz, longitud total, peso fresco), peso seco, tasa de crecimiento relativo (TCR), índice de tolerancia y contenido de pigmentos fotosintéticos, cuyos resultados fueron que el porcentaje de sobrevivientes fue del 100 %, la tasa de crecimiento absoluta y relativa fueron mayores a los 16 días con tratamientos de 4 y 8 ppm de As. El índice de tolerancia fue mayor en el tratamiento con 8 ppm. Los pigmentos fotosintéticos disminuyeron en todos los tratamientos; concluyendo que las mejores condiciones de crecimiento para esta hidrófita se presentaron con tratamientos de 4 y 8 ppm de arseniato de sodio, a los 16 días.

#### 2.4. Definición de términos básicos

##### 2.4.1. Aguas residuales

Para el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental OEFA (2014),

las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. Para Pulido et al. (s.f.), las aguas residuales son aquellas aguas las cuales contienen una gran cantidad de sustancias (químicas, biológicas), que son nocivas o dañinas para el ser humano y que han sido utilizadas o manipuladas de alguna manera por el ser humano sin importar que su origen sea de características (doméstica, industrial, pecuaria, agrícola o recreativa).

##### 2.4.2. <sup>[ 1 ]</sup> Características físico-químicas de las aguas residuales domésticas

<sup>[8]</sup>•  
A. PH

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrogeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7 la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica (DIGESA 2002).

B. Temperatura (T°)

La temperatura de las aguas residuales suele ser superior a la del agua de consumo, por el aporte de agua caliente procedente del aseo y las tareas domésticas. Oscila entre 10 °C y 21 °C, con un valor medio de 15 °C aproximadamente. Esta mayor temperatura ejerce una acción perjudicial sobre las aguas receptoras, pudiendo modificar la flora y fauna de éstas, y dando lugar al crecimiento indeseable de algas, hongos, etc. (Espigares y Pérez s.f.).

C. Caudal (Q)

Se define como caudal o gasto al volumen de líquido que fluye (es decir que pasa por una sección transversal) en un determinado tiempo. Se calcula como el cociente entre el volumen y el tiempo y por lo tanto se mide en unidades de volumen sobre unidades de tiempo, como por ejemplo en metros cúbicos/segundo, litros/segundo, etc. (Física práctica s.f.).

D. Tiempo de retención hidráulica (TRH)

Es el tiempo que una unidad de fluido permanece en un recipiente, es decir, el tiempo que el líquido que entra en tu recipiente tarda en salir del mismo (Vega s.f.).

<sup>[7]▶</sup>  
E. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

La prueba de la demanda bioquímica de oxígeno es un procedimiento experimental que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20 °C por 5 días; la disminución de la concentración de oxígeno disuelto durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO5 (Calderón 1997).

F. Nitratos

Los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), no tienen color ni sabor y se encuentran en la naturaleza disueltos en el agua. Su presencia natural en las aguas superficiales o subterráneas es consecuencia del ciclo natural del nitrógeno, sin embargo, en determinadas zonas ha habido una alteración de este ciclo en el sentido de que se ha producido un aumento en la concentración de nitratos, debido fundamentalmente a un excesivo uso de abonos nitrogenados (Palomares 2013).

G. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por E. coli, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies Citrobacter freundii y Klebsiella pneumoniae (Santiago et al., Badgley et al., citado por Larrea et al. 2013).

La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, ya que las heces contienen coliformes termotolerantes que están presentes en el microbiota intestinal, siendo E. coli la más representativa, con un 90-100 % (Carrillo y Lozano, citado por Larrea et al. 2013).

#### 2.4.3. Fitorremediación<sup>[4]</sup>

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo (Delgadillo et al. 2011).

#### Tipos de fitorremediación<sup>[0]</sup>

- Fitodegradación o fitotransformación

Se basa en el uso de plantas para degradar o transformar en sustancias

menos tóxicas diversos tipos de contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), compuestos clorados, explosivos y surfactantes (detergentes). A través de reacciones enzimáticas que llevan a cabo plantas y microorganismos en la rizósfera, es decir, la zona del suelo estrechamente asociada con las raíces de las plantas, dichos contaminantes son parcial o completamente degradados o transformados. De esta manera son asimilados por las plantas y

secuestrados en sus vacuolas o fijados a estructuras celulares insolubles, como la lignina (Núñez et al. 2004).

[0] ▶

- Fitoestimulación

En este caso, los exudados de las raíces de las plantas estimulan el

crecimiento de microorganismos capaces de degradar contaminantes orgánicos. Como parte de sus actividades metabólicas y fisiológicas, las plantas liberan azúcares simples, aminoácidos, compuestos alifáticos y aromáticos, nutrientes, enzimas y oxígeno, y los transportan desde sus partes superiores hasta sus raíces, favoreciendo el desarrollo de comunidades microbianas en el suelo circundante; particularmente hongos y bacterias, cuyas actividades metabólicas causan la mineralización de los contaminantes (Núñez et al. 2004).

[4] ▶

- Fitovolatilización

La fitovolatilización se produce a medida que los árboles y otras plantas

en crecimiento absorben agua junto con contaminantes orgánicos e inorgánicos. Algunos de estos pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse en la atmósfera (Prasad y Freitas, citado por Delgadillo et al. 2011).

[0] ▶

Algunas plantas son capaces de volatilizar ciertos contaminantes, como mercurio y selenio, contenidos en suelos, sedimentos o agua. Tales contaminantes son absorbidos, metabolizados, transportados desde su raíz a sus partes superiores y liberados a la atmósfera en formas volátiles, menos tóxicas o relativamente menos peligrosas en comparación con sus formas oxidadas. La transformación de dichos elementos se efectúa básicamente

en la raíz, y su liberación se lleva a cabo durante la transpiración (Núñez et al. 2004).

- Fitoestabilización

La fitoestabilización utiliza plantas que desarrollan un denso sistema de

raíz, para reducir la biodisponibilidad de metales y otros contaminantes en el ambiente por medio de mecanismos de secuestro, lignificación o humidificación. Las plantas ejercen un control hidráulico en el área contaminada, es decir actúan como una bomba solar que succiona humedad de los suelos debido a sus altas tasas de evapotranspiración.

Puesto que este proceso mantiene también una humedad constante en la zona de la rizósfera, se presentan las condiciones adecuadas para la inmovilización de los metales. Esto ocurre a través de reacciones químicas como la precipitación o formación de complejos insolubles o por mecanismos físicos, como la adsorción. En esta zona, los metales se fijan fuertemente en las raíces de las plantas o en la materia orgánica de los suelos, limitando así su biodisponibilidad y su migración vertical hacia los mantos freáticos (Núñez et al. 2004).

- Fitoextracción o fitoacumulación

En esta estrategia se explota la capacidad de algunas plantas para acumular

contaminantes en sus raíces, tallos o follaje, las cuales pueden ser fácilmente cosechadas. Los contaminantes extraídos son principalmente metales pesados, aunque también puede extraerse cierto tipo de contaminantes orgánicos y elementos e isótopos radiactivos.

Generalmente los sistemas de fitoextracción se implementan para extraer

metales de suelos contaminados, por medio de plantas conocidas como metalófitas, es decir acumuladoras de metales; sin embargo, también pueden implementarse para tratar aguas residuales (Núñez et al. 2004).

- [4]• Rizofiltración

La rizofiltración utiliza las plantas para eliminar del medio hídrico

contaminantes a través de la raíz (Dushenkov et al., citado por Delgadillo et al. 2011). En la rizofiltración estas plantas se cultivan de manera hidropónica. Cuando el sistema radicular está bien desarrollado, las plantas se introducen en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. A medida que las raíces se van saturando, las plantas se cosechan y se disponen para su uso final (Nedelkoska y Doran, Eapen et al., Cherian y Oliveira; citado por Delgadillo et al. 2011).

#### 2.4.4. Tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas

Los sistemas de plantas acuáticas están en los estanques poco profundos como plantas acuáticas flotantes o sumergidas. Estos sistemas incluyen dos tipos basados en tipos de plantas dominantes. El primer tipo usa plantas flotantes y se distingue por la habilidad de estas plantas para derivar el dióxido de carbono y las necesidades de oxígeno de la atmósfera directamente. Las plantas reciben sus nutrientes minerales desde el agua. El segundo tipo de sistema consiste en plantas sumergidas, se distingue por la habilidad de estas plantas para absorber oxígeno, dióxido de carbono, y minerales de la columna de agua. Las plantas sumergidas se inhiben fácilmente por la turbiedad alta en el agua porque sus partes fotosintéticas están debajo del agua (Frers 2008).

Los tratamientos de aguas residuales que involucran macrófitas flotantes han

demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio.<sup>[15]•</sup> Su importancia radica en su aptitud para ser empleados en núcleos rurales debido a su bajo consumo de energía convencional y la practicidad en el montaje y operación de los sistemas de tratamiento.<sup>[15]•</sup> Aun así, todavía no se han esclarecido rigurosamente los procesos que tienen lugar en la depuración de aguas residuales con macrófitas flotantes (Martelo y Lara 2012).

[12]•

- *Myriophyllum aquaticum*

El *Myriophyllum aquaticum* es nativa de la cuenca del Amazonas (Sudamérica), pertenece a la familia de las Haloragaceas y forma parte de las 45 especies que engloba el Género *Myriophyllum*.<sup>[12]•</sup> También conocido popularmente con nombres como “milenrama brasileña”, “parrot feather”, “watermilfoil”, “milhojas acuáticas” (Floresyplantas.net 2010).<sup>[12]•</sup>

La podemos describir como planta perenne de tallo erguido, con hojas pinnadas, dispuestas alrededor de un tallo robusto en grupos de 4 a 6 hojas. Las hojas miden de 1,5 a 3,5 cm, y tienen de 20 a 30 divisiones (segmentos filiformes) por hoja, lo que le confiere ese aspecto plumoso.<sup>[16]•</sup> La distancia entre verticilos es mayor en la base y se va acortando a medida que llega a la punta.<sup>[12]•</sup> Aparte del sistema radicular que desarrolla para anclarse al sustrato, puede desarrollar raíces adventicias (Plants e Shimps s.f.)

## 2.5. Ubicación de la zona de estudio

En la ciudad de Baños del Inca, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.

## 2.6. Hipótesis

La eficiencia de remoción de DBO5, DQO, SST, nitratos y coliformes termotolerantes por *Myriophyllum aquaticum*, del efluente del complejo turístico en Baños del Inca, es del 70 %.

## 2.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TÉCNICA / INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
DEPENDIENTE	Calidad del efluente	Eficiencia de remoción	Análisis de laboratorio	%
	Remoción de DBOs, DQO, SST, Nitratos y Coliformes termotolerantes	DBOs	Análisis de laboratorio	mg/l
		DQO	Análisis de laboratorio	mg/l
INDEPENDIENTE	SST, Nitratos y Coliformes termotolerantes	SST	Análisis de laboratorio	mg/l
		Nitratos	Análisis de laboratorio	mg/l
		Coliformes termotolerantes	Análisis de laboratorio	NMP/100 ml
INFLUYENTE	Características del agua residual en el sistema de tratamiento	T°	Termómetro	°C
		pH	Potendómetro	Unidad de pH
	Q	Q=V/t, Q (caudal), V (volumen) y t (tiempo)	l/min	
	TRH	Cronómetro	Días	

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo de investigación

- A. Por su finalidad: Aplicada, debido a que los resultados de la investigación permitirán recomendar un proceso de tratamiento terciario.
- B. Por su carácter de medida: cuantitativo, ya que se basa en resultados numéricos obtenidos a través de los análisis en los puntos de monitoreo.
- C. Por el método de investigación: Preexperimental, se administra un estímulo o tratamiento y después se aplica la medición de una o más variables para observar cual es el nivel de grupo en estas variables (Hernández et al. 2008).
- D. Nivel de investigación: Será descriptivo debido a la identificación de elementos contaminantes en el punto final de descarga del alcantarillado de este sector, con la fitorremediación de contaminantes con el uso de *Myriophyllum aquaticum* a nivel de escala de laboratorio.
- E. Área de investigación: Físico química, con la determinación de los contaminantes con el uso de *Myriophyllum aquaticum* a nivel de escala de laboratorio en las instalaciones del complejo turístico de Baños del Inca, específicamente en el punto final de descarga del alcantarillado.

### 3.2. Diseño de investigación

Por su diseño es una investigación es preexperimental.

### 3.3. Dimensión temporal y espacial

La investigación se realizó en aguas residuales de la ciudad de Baños del Inca en el año 2023.

### 3.4. Unidad de Análisis, Universo y Muestra

#### A. Población

La población será el efluente del complejo turístico de Baños del Inca, Cajamarca.

#### B. Muestra

La muestra será el caudal del efluente del complejo turístico de Baños del Inca,

Cajamarca utilizado para el sistema de tratamiento con *Myriophyllum aquaticum*.

### 3.5. Métodos de investigación

Preexperimental, se administra un estímulo o tratamiento y después se aplica la medición de una o más variables para observar cual es el nivel de grupo en estas variables (Hernandez et al. 2008).

### 3.6. Técnicas e instrumentos de investigación

#### 3.6.1 Técnicas de investigación

#### 3.6.2 Instrumentos

##### 3.6.2.1 Material experimental

- Efluente de aguas residuales de la Ciudad Baños del Inca
- Ejemplares de *Myriophyllum aquaticum*.

##### 3.6.2.1 Material de campo

- Ficha de registro.
- Preservantes químicos.
- Plumón indeleble.
- Cooler.
- GPS
- pH-metro marca: OAKTON modelo: pH 510 - pH/mV/°C meter.
- Cámara fotográfica.
- Termómetro para suelo.

- Cronometro.

#### 3.6.2.2 Materiales y equipos de laboratorio

- Agua destilada
- Laptop para procesamiento de datos

#### 3.6.2.3 Otros materiales

- Baldes.
- Tubo PVC ½
- Caja duraforte # 220.
- Llave de paso de ½".
- Llave de agua.
- Codos de ½".
- Te de ½".
- Electrobomba de 0.5 Hp.
- Timer digital.
- Kit de muestreo (envases de plástico).
- Equipo de protección personal.

#### 3.7. Procesamiento de análisis de datos

El análisis de la información obtenida en los muestreos y análisis de campo y laboratorio, serán plasmados a nivel de interpretación de resultados y conclusiones en el informe final de la tesis de investigación, aquí se explicarán los diversos comportamientos y posibles variaciones que se den durante el proceso de aplicación de los tratamientos establecidos para remover DBO5, DQO, SST, nitratos y coliformes termotolerantes del efluente del complejo turístico en Baños del Inca utilizando *Myriophyllum aquaticum* según las repeticiones durante el tiempo que se

estima desarrollar el presente trabajo de investigación. Así mismo se presentarán las recomendaciones pertinentes relacionadas con el análisis de los datos obtenidos. Para el procesamiento de los datos tanto físicos y biológicos se emplearán registros validados por el asesor del trabajo de investigación, donde se recolectarán todos los datos resultantes de los análisis de campo y laboratorio; mediante un registro tanto físico como digital para proceder con el procesamiento de los datos obtenidos. Se hallarán métodos estadísticos descriptivos, desviación estándar, varianza y rangos, se validará la hipótesis mediante el análisis de prueba de normalidad Shapiro-Wilk y de esa forma, la prueba paramétrica T de Student

### 3.8. Aspectos éticos de la investigación

El proyecto a investigar se realizará de acuerdo a las normas éticas y profesionales, sin involucrar ningún tipo de estudio con animales, personas o alterando al medio ambiente.

## CAPÍTULO IV. RESULTADO y DISCUSIÓN

Para realizar la investigación, y cumplir con los objetivos propuestos se llevaron a cabo los siguientes pasos.

Se tomaron muestras en cuatro oportunidades, antes y después de realizar la fitodepuración Utilizando *Myriophyllum Aquaticum*.

Las muestras tomadas se llevaron y analizaron en el Laboratorio Regional del Agua del Gobierno Regional de Cajamarca y en el laboratorio de Salud Ambiental del Gobierno Regional de Cajamarca.

### 4.1. Resultados

4.1.1. Evaluación de la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, nitratos y coliformes termotolerantes; provenientes del afluente y efluente del sistema de tratamiento con *Myriophyllum aquaticum*

Tabla 2

Concentraciones en agua residual

PARÁMETRO	Análisis 1 <sup>1</sup>	Análisis 2 <sup>2</sup>	Análisis 3 <sup>3</sup>	Análisis 4 <sup>4</sup>
En agua residual				
DBO <sub>5</sub>	4.1	4.0	4.9	72.7
DQO	11.2	11.8	13.2	23.1
Nitratos (mg/l)	1.4	3.5	1.4	1.7
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	2 x 10 <sup>5</sup>	23	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>
Sólidos Totales en suspensión: SST (ml/l)	414.2	411.2	407.3	436.7

<sup>1</sup> 15 de febrero de 2023

<sup>2</sup> 23 de febrero de 2023

<sup>3</sup> 15 de marzo de 2023

<sup>4</sup> 06 de marzo de 2023

En esta tabla se puede observar las siguientes situaciones:<sup>[11]▶</sup>

En cuanto a la demanda básica de oxígeno (DBO<sub>2</sub>), comprendiendo como

la medida utilizada para determinar la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos presentes en el agua para descomponer la materia orgánica presente en ella.<sup>[1]▶</sup> La DBO<sub>2</sub> es un indicador importante de la calidad del agua, ya que un alto valor de DBO<sub>2</sub> indica una mayor contaminación orgánica y una menor calidad del agua;<sup>[1]▶</sup> por otro lado, la DBO<sub>2</sub> se determina midiendo la cantidad de oxígeno disuelto en una muestra de agua al comienzo y al final de un período de incubación de varios días, el cual los microorganismos consumen el oxígeno para descomponer la materia orgánica. La diferencia entre las concentraciones de oxígeno al inicio y al final del período de incubación se utiliza para calcular la DBO<sub>2</sub>.<sup>[3]▶</sup> Asimismo, la medición de la DBO<sub>2</sub> es importante para evaluar la eficacia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y para monitorear la calidad del agua en ríos, lagos y otros cuerpos de agua.

Es importante destacar que la DBO<sub>2</sub> no debe confundirse con el contenido de oxígeno disuelto en el agua, que es necesario para mantener la vida

acuática.<sup>[1]▶</sup> La DBO<sub>2</sub> se refiere específicamente a la cantidad de oxígeno consumido durante la destrucción de la materia orgánica y no tiene relación directa con el contenido de oxígeno disuelto necesario para mantener la vida acuática.

<sup>[13]▶</sup> Por ejemplo, la demanda básica de oxígeno (DBO<sub>2</sub>) en el agua potable se refiere a la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente en el agua. La DBO<sub>2</sub> es una medida de la cantidad de

oxígeno consumido por los microorganismos durante la destrucción de la materia orgánica en condiciones aeróbicas.

En el caso del agua potable, la DBO<sub>2</sub> generalmente es muy baja, ya que el agua ha sido tratada para eliminar la mayoría de los contaminantes orgánicos. Los estándares de calidad del agua potable varían según el país y la región, pero en general, la DBO para el agua potable suele ser inferior a 1 mg/L (miligramos por litro).

Para realizar un análisis cualitativo de la demanda básica de oxígeno en el agua, es necesario considerar las concentraciones de oxígeno presentes en diferentes muestras. En este caso, las concentraciones de oxígeno son 4,1 mg/L, 4,0 mg/L, 4,9 mg/L y 72,7 mg/L.

[25]

La demanda básica de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno requerida para la descomposición de la materia orgánica presente en el agua. Cuanto mayor sea la concentración de materia orgánica, mayor será la demanda de oxígeno.

En este caso, las concentraciones de oxígeno son relativamente bajas, lo que indica que la demanda básica de oxígeno también es baja. Las concentraciones de 4,1 mg/L, 4,0 mg/L y 4,9 mg/L son similares y sugieren una demanda básica de oxígeno moderado.

Sin embargo, la concentración de 72,7 mg/L es significativamente más alta que las anteriores. Esto podría indicar la presencia de una fuente adicional de oxígeno en el agua, como la fotosíntesis de algas o la liberación de oxígeno por parte de organismos acuáticos. En este caso, la demanda básica de oxígeno podría ser baja debido a la presencia de esta fuente adicional.

En resumen, el análisis cualitativo de la demanda básica de oxígeno en el agua sugiere una demanda moderada en las concentraciones de 4.1 mg/L, 4.0 mg/L y 4.9 mg/L, mientras que la concentración de 72.7 mg/L indica una posible fuente adicional de oxígeno en el agua y la demanda básica de oxígeno en el agua es de 4.1 mg/L, 4.0 mg/L, 4.9 mg/L y 72.7 mg/L, esto indica que la cantidad de oxígeno requerida para la producción de la materia orgánica presente en el agua es relativamente alta.

Las razones por las cuales la demanda básica de oxígeno puede ser alta en estas concentraciones son las siguientes:

<sup>[19]</sup>• Alta carga de materia orgánica, implica una alta concentración de materia orgánica en el agua puede aumentar la demanda de oxígeno. La materia orgánica se compone de procesos biológicos que consumen oxígeno, lo que resulta en una mayor demanda básica de oxígeno.

Contaminación implica la presencia de contaminantes en el agua, como productos químicos o residuos industriales, puede aumentar la demanda básica de oxígeno. Estos contaminantes pueden ser tóxicos para los organismos acuáticos y pueden producir oxígeno adicional para su aparición o neutralización.

Baja disponibilidad de oxígeno implica que, si el agua tiene una baja concentración de oxígeno disuelto inicialmente, la demanda básica de oxígeno puede aumentar. <sup>[26]</sup>• Esto se debe a que los organismos acuáticos necesitan oxígeno para su respiración y metabolismo, y si hay una escasez de oxígeno disponible, la demanda básica.

<sup>[3]</sup>• En el caso de la concentración de 72.7 mg/L, es una concentración muy alta

de oxígeno en comparación con la demanda básica. Esto puede indicar una fuente adicional de oxígeno en el agua, como la fotosíntesis de algas o la liberación de oxígeno por parte de organismos acuáticos. En este caso, la demanda básica de oxígeno puede ser baja debido a la presencia de esta fuente adicional.

En síntesis, una demanda básica de oxígeno de 4.1 mg/L, 4.0 mg/L, 4.9 mg/L y 72.7 mg/L indica una alta demanda de oxígeno en el agua, posiblemente debido a una alta carga de materia orgánica, contaminación o baja disponibilidad de oxígeno. La concentración de 72.7 mg/L puede indicar una fuente adicional de oxígeno en el agua.

Por otro lado, es importante tener en cuenta, respecto a la demanda química de oxígeno, como referente al agua potable, lo siguiente:

La demanda química de oxígeno (DQO) en el agua potable puede variar dependiendo de varios factores, como la calidad del agua y los estándares de tratamiento establecidos por las autoridades reguladoras. Sin embargo, en general, la DQO en el agua potable suele ser baja.<sup>[1]</sup>

La DQO se refiere a la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente la materia orgánica y los compuestos oxidables presentes en el agua. Esta medida se utiliza para evaluar la carga de contaminantes orgánicos en el agua y la eficacia de los procesos de tratamiento.

En el caso del agua potable, se espera que la DQO sea lo más baja posible, ya que indica la presencia de contaminantes orgánicos que pueden afectar la calidad y la seguridad del agua.<sup>[19]</sup> Los sistemas de tratamiento de agua potable están diseñados para eliminar o reducir significativamente la DQO,

asegurando que el agua cumpla con los estándares de calidad establecidos.

<sup>[7]</sup>►

Es importante tener en cuenta que los estándares y regulaciones para la DQO en el agua potable pueden variar según el país y la región. Por lo tanto, es recomendable consultar las normativas locales o las autoridades competentes para obtener información específica sobre la DQO en el agua potable en una ubicación particular.

Teniendo en cuenta los datos de la tabla 2, se puede realizar el siguiente análisis:

<sup>[13]</sup>►

Si la demanda química de oxígeno (DQO) en el agua es de 11,2 mg/L, 11,8 mg/L, 13,2 mg/L y 23,1 mg/L, esto indica que hay una alta carga de contaminantes orgánicos presentes en el agua.<sup>[13]</sup>►

La DQO se refiere a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica y los compuestos oxidables presentes en el agua.<sup>[13]</sup>► Cuanto mayor sea la concentración de DQO, mayor será la carga de contaminantes orgánicos en el agua.

En este caso, las concentraciones de DQO son relativamente altas, lo que sugiere la presencia de una cantidad significativa de materia orgánica y compuestos oxidables en el agua. Esto puede ser indicativo de la contaminación del agua por fuentes como aguas residuales, desechos industriales o actividades agrícolas.

Una alta DQO en el agua puede tener implicaciones negativas para la calidad y la seguridad del agua.<sup>[11]</sup>► La materia orgánica presente en el agua puede agotar el oxígeno disuelto, lo que puede afectar negativamente a los organismos acuáticos y provocar problemas de eutrofización. Además, la

presencia de compuestos oxidables puede indicar la presencia de sustancias químicas tóxicas o contaminantes que pueden ser perjudiciales para la salud humana.

En resumen, una DQO de 11,2 mg/L, 11,8 mg/L, 13,2 mg/L y 23,1 mg/L en el agua indica una alta carga de contaminantes orgánicos y compuestos oxidables. Esto puede ser indicativo de la contaminación del agua y puede tener implicaciones negativas para la calidad y la seguridad del agua. Es importante tomar medidas adecuadas de tratamiento y gestión del agua para reducir la DQO y garantizar la calidad del agua.

Por otro lado, teniendo en cuenta la tabla 2, respecto a presencia de nitratos en el agua residual de la ciudad de Baños del Inca, se evidencia los siguientes datos:

El indicador que el agua contiene concentraciones de 1.4 mg/L, 3.5 mg/L, 1.1 mg/L y 1.7 mg/L de nitratos es la presencia de nitratos en el agua.

Los nitratos son compuestos químicos que contienen nitrógeno y oxígeno,

y son una forma común de nitrógeno en el medio ambiente. La presencia de nitratos en el agua puede tener varias fuentes, como la contaminación agrícola, la descarga de aguas residuales o la lixiviación de fertilizantes.

[27]•

Los nitratos en el agua pueden ser un indicador de la contaminación del agua, ya que altas concentraciones de nitratos pueden tener efectos negativos en la salud humana y en los ecosistemas acuáticos. Los nitratos en el agua pueden convertirse en nitritos, los cuales pueden ser tóxicos para los seres humanos, especialmente para los bebés y mujeres embarazadas.

[15]•

Además, las altas concentraciones de nitratos pueden contribuir a la

eutrofización de los **cuerpos de agua**, lo que puede causar la explosión de algas y la disminución **de la calidad del agua**.

[15]

Es importante monitorear y controlar las concentraciones de nitratos en el agua **para garantizar la calidad y seguridad del agua potable y proteger los ecosistemas acuáticos**. Las regulaciones y estándares para los niveles de nitratos en el agua pueden variar según el país y la región, por lo que es recomendable consultar las normativas locales o las autoridades competentes para obtener información específica sobre los límites de nitratos en el agua en una ubicación particular.

En la tabla 2, también se evidencia que las cantidades de Coliformes termotolerantes (NMP/100ml) en el agua en los análisis realizados son de  $2 \times 10^5$ ; 23;  $1.8 \times 10^4$  y  $1.8 \times 10^4$  respecto los cuales es importante mencionar los siguientes análisis.

Los coliformes termotolerantes son un grupo de bacterias que incluyen a Escherichia coli (E. coli) y otros microorganismos relacionados. <sup>[1]</sup> La **presencia de coliformes termotolerantes en el agua es un indicador de contaminación fecal**, ya que estos microorganismos se encuentran frecuentemente en los intestinos de **animales de sangre caliente**, incluyendo a los seres humanos.

Una concentración de  $2 \times 10^5$  NMP/100 ml de coliformes termotolerantes en el agua se considera alta y puede indicar una contaminación significativa del agua por materia fecal. Esto puede ser preocupante, ya que la presencia de coliformes termotolerantes en el agua puede indicar la posible presencia de patógenos y otros microorganismos que pueden causar enfermedades

transmitidas por el agua.

Es importante destacar que los estándares y regulaciones para los niveles de

coliformes termotolerantes en el agua pueden variar según el país y la <sup>[1]</sup> región. En general, los niveles altos de coliformes termotolerantes en el agua potable son considerados inaceptables y requieren acciones de tratamiento y control para garantizar la seguridad del agua.

<sup>[1]</sup> Si se detecta una alta concentración de coliformes termotolerantes en el agua, se recomienda tomar medidas adecuadas, como el tratamiento del agua, la desinfección y la implementación de prácticas de saneamiento adecuadas, para reducir la presencia de estos microorganismos y garantizar la calidad del agua.

En este caso, se hace referencia al agua potable, para tomarlo como línea base, porque se debe asumir que el agua residual ingresa al río o también riega los valles y con los datos que se presentan un alto contaminante.

<sup>[11]</sup> En cuanto a los sólidos totales, presentes en las aguas residuales de la ciudad de los Baños del Inca, se evidencia los siguientes datos:

Si los sólidos totales en suspensión (SST) en el agua son de 414.2 ml/l, 411.2 ml/l, 407.3 ml/l y 436.7 ml/l, esto indica una alta concentración de partículas sólidas suspendidas en el agua.

<sup>[34]</sup> Los sólidos totales en suspensión se refieren a la cantidad de partículas sólidas, como sedimentos, arcilla, materia orgánica y otros materiales suspendidos en el agua. Estas partículas pueden provenir de diversas fuentes, como la erosión del suelo, la actividad humana, la descarga de aguas residuales o la contaminación industrial.

Una alta concentración de SST en el agua puede tener varias indicaciones en cuanto a la calidad del agua:

**Turbidez:** Los sólidos en suspensión pueden causar turbidez en el agua, lo que reduce la claridad y la transparencia del agua. La turbidez puede afectar negativamente la estética del agua y dificultar la penetración de la luz, lo que puede afectar la vida acuática y los procesos de fotosíntesis.

**Contaminación:** Los sólidos en suspensión pueden contener contaminantes, como metales pesados, productos químicos o microorganismos, que pueden ser perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas acuáticos. Estos contaminantes pueden adherirse a las partículas sólidas y ser transportadas por el agua.

**Impacto en la vida acuática:** Una alta concentración de SST puede afectar negativamente a los organismos acuáticos al obstruir sus branquias, reducir la disponibilidad de luz y afectar la calidad del hábitat acuático.<sup>[7]</sup>

Es importante tener en cuenta que los estándares y la regulación para los niveles de SST en el agua pueden variar según el país y la región. En general, las altas concentraciones de SST en el agua pueden indicar una mala calidad del agua y pueden requerir acciones de tratamiento y control para reducir la presencia de sólidos en suspensión y mejorar la calidad del agua.

<sup>[19]</sup> Si se detecta una alta concentración de SST en el agua, se recomienda tomar medidas adecuadas, como la filtración, sedimentación, coagulación-floculación y otros procesos de tratamiento, para reducir la presencia de sólidos en suspensión y mejorar la calidad del agua.

Tabla 3

Concentraciones en agua con fitodepuración

PARÁMETRO	Análisis 1 <sup>5</sup>	Análisis 2 <sup>6</sup>	Análisis 3 <sup>7</sup>	Análisis 4 <sup>8</sup>
En agua con fitodepuración				
DBO <sub>5</sub>	3.2	LCM <sup>9</sup> (2.6)	LCM (2.6)	10.0
DQO	9.2	LCM (2.6)	10.9	LCM
Nitratos (mg/l)	1.1	0.4	1.1	1.7
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1.8 x 10 <sup>4</sup>	23	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>
Sólidos Totales en suspensión: SST (ml/l)	414.2	411.2	407.3	436.7 <sup>[1]</sup>

En la tabla 3 se puede evidenciar, luego de realizar la fitodepuración con

*Myriophyllum aquaticum*, se evidencia que para el caso de la demanda bioquímica de oxígeno, vale decir del oxígeno necesario para procesos bioquímicos de seres vivos ha disminuido, ello debido a que los microorganismos, tales como las coliformes, según los resultados obtenidos se ha reducido, en promedio de un 60 a un 70% menos, porque, el promedio total de la tabla 2 es de 21.425 (promedio de 4.1, 4.0, 4.9 y 72.7)<sup>[36]</sup>; sin embargo, en el caso de la tabla 3 es de 3.2, LCM (2.6), LCM 2.6, y 10.0, el promedio es de 9.44, vale decir con un 66% de disminución; por otro lado, en cuanto a cuanto a la cantidad de coliformes en promedio, considerando el análisis 1, que ha disminuido de 1.8 x 10<sup>5</sup> a una cantidad de menos de 1.8

<sup>5</sup> 23 de febrero de 2023

<sup>6</sup> 09 de marzo de 2023

<sup>7</sup> 17 de marzo de 2023

<sup>8</sup> 23 de marzo de 2023

<sup>9</sup> Límite de Cuantificación del Método

x10<sup>4</sup>; vale decir una cantidad de 1.62 x 10<sup>5</sup>; por lo que en porcentaje equivale que se ha disminuido al 10% del total de coliformes, o sea la fitodepuración ha permitido la disminución del 90 % de bacterias.

Respecto a los sólidos totales, se mantiene la cantidad, toda vez que la fitodepuración no tuvo como propósito la disminución de dichos sustratos.

En la Figura 1 se presenta un análisis comparativo de los sólidos totales en suspensión en el agua residual y agua con fitodepuración.

Figura 1

Sólidos totales en suspensión en el agua residual y agua con fitodepuración

Además, se tiene el promedio de los sólidos totales en suspensión promedio en el agua residual y agua con fitodepuración.

Figura 2

Sólidos totales en suspensión promedio en el agua residual y agua con fitodepuración

Una alta concentración de sólidos en suspensión, como se mencionó

anteriormente, puede afectar a la vida de los organismos acuáticos en el medio de estudio. Debido a esto, las altas concentraciones de sólidos en suspensión indican una mala calidad del agua y se requiere tratamiento y control para reducir su presencia y mejorar la calidad del agua. Si se detecta una alta concentración de SST en el agua, se recomienda tomar medidas adecuadas, como la filtración, sedimentación, coagulación-floculación y otros procesos de tratamiento, para reducir la presencia de sólidos en suspensión y mejorar la calidad del agua.

Los sólidos en suspensión promedio en agua residual es de 414.80 ml/L, lo cual se traduce en un 41.48%. Según la norma OS.090, el tratamiento para este porcentaje de sólidos en suspensión es el de sedimentación primaria, debido a que la norma indica que se debe realizar ese tratamiento cuando se presenten SST en un rango de 40-70%.

Los sólidos en suspensión promedio en fitodepuración es de 423.32 ml/L, lo

cual se traduce en un 42.33%. Según la norma OS.090, el tratamiento para este porcentaje de sólidos en suspensión es el de sedimentación primaria, debido a que la norma indica que se debe realizar ese tratamiento cuando se presenten SST en un rango de 40-70%.

Como se puede ver, la diferencia de sólidos en suspensión en los dos tratamientos tiene una diferencia de 0.85%, por lo que se aplicaría el mismo tratamiento.

A continuación, se presenta un análisis comparativo de la turbidez en el agua residual y agua con fitodepuración.

Figura 3

Turbidez en el agua residual y agua con fitodepuración

Además, se tiene el promedio de la turbidez en el agua residual y agua con fitodepuración.

Figura 4

Turbidez promedio en el agua residual y agua con fitodepuración

Como podemos observar en la Figura 4, la turbidez en el agua con

fitodepuración es mayor a la presentada con agua residual. Sin embargo, ambos están dentro del rango aceptable. Como sabemos, la turbidez del agua es una característica óptica que resulta en la dispersión y absorción de la luz en lugar de su transmisión.<sup>[3]</sup> La dispersión de la luz al atravesar un líquido se debe principalmente a la presencia de partículas sólidas suspendidas en él.<sup>[3]</sup> A medida que aumenta la opacidad, también se incrementa la cantidad de luz dispersada.<sup>[3]</sup> Por otro lado, Diversos métodos están disponibles para medir la turbidez, y la elección del método depende de su aplicación específica. Cada método utiliza unidades de medición particulares. El estándar ISO emplea las FNU (Unidades Nefelométricas de Formacina), mientras que la EPA utiliza las NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Otras unidades incluyen las FTU, JTU y EBC.<sup>[4]</sup> La turbidez es un parámetro de gran importancia en la evaluación de la calidad del agua potable. El agua potable suministrada debe someterse a tratamiento para eliminar la turbidez. De acuerdo con las regulaciones, el límite permisible de turbidez para el agua destinada al consumo humano es de 5 NTU o su

equivalente según otro método. A lo largo de la historia, la turbidez ha sido un parámetro crucial en el monitoreo del tratamiento de aguas residuales. En el pasado, el control de la turbidez era la base del tratamiento de aguas residuales.<sup>[9]</sup>

En la actualidad, la medición de la turbidez al final del proceso de tratamiento de aguas es esencial para verificar que los valores cumplan con los estándares de regulación. Al supervisar el nivel de turbidez, se puede determinar si las distintas etapas del proceso se han ejecutado adecuadamente, especialmente las etapas de filtración y purificación.

A continuación, se presenta un análisis comparativo del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el agua residual y agua con fitodepuración.

Figura 5

Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el agua residual y agua con fitodepuración

Además, se tiene nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) promedio en el agua residual y agua con fitodepuración.

Figura 6

Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) promedio en el agua residual y agua con fitodepuración

El nitrato se emplea como un fertilizante en la agricultura debido a su capacidad

para favorecer la síntesis de proteínas en las plantas. Existen dos fuentes principales de la contaminación con nitratos en las fuentes de agua:

- Los nitratos se emiten durante el proceso de descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos presentes en el suelo. No obstante, cuando los cultivos no están en fase de crecimiento, los nitratos generados debido a la actividad microbiana no serán aprovechados por las plantas y, en su lugar, la lluvia los llevará a través del suelo hasta alcanzar el acuífero, provocando así la contaminación del agua subterránea.
- Cuando se aplica nitrato como fertilizante en una cantidad que supera las necesidades de la planta o las condiciones que permiten su absorción, el exceso se retiene en el suelo. Sin embargo, dada su alta solubilidad, es más probable que la lluvia arrastre el exceso de nitrato a través del suelo, transportándolo tanto a cuerpos de agua en la superficie como a fuentes de agua subterránea.

El nitrato en sí mismo parece ser inofensivo a las concentraciones que se encuentran en el agua. Sin embargo, en el organismo, es rápidamente absorbido en

el intestino delgado y captado por el torrente sanguíneo. Una vez que son absorbidos, los nitratos se eliminan a través de la orina sin experimentar cambios significativos. Sin embargo, en el tracto intestinal, los nitritos, que son la forma reducida de los nitratos, reaccionan con ciertos componentes de los alimentos en condiciones ácidas, dando lugar a la formación de compuestos N-nitrosos, aminas y amidas, que son conocidos como sustancias carcinógenas. No obstante, la principal inquietud vinculada a las elevadas concentraciones de nitratos en el suministro de agua potable se relaciona con el desarrollo de metahemoglobina en los bebés. Para provocar un incremento en los niveles de metahemoglobina en la sangre, es necesario que el nitrato se reduzca primero a nitrito, ya que el nitrato por sí solo no causa la enfermedad. El nitrito se une a la hemoglobina en las células sanguíneas rojas, formando metahemoglobina, la cual es incapaz de transportar oxígeno, lo que disminuye la captación de oxígeno en los pulmones. Este trastorno da lugar al fenómeno conocido como "bebé azul" en los infantes afectados. Afortunadamente, en Perú, no se han reportado casos asociados a la ingesta de agua con niveles elevados de nitrato.

<sup>[9]</sup> Se puede observar que existe una mayor concentración de nitratos en las aguas residuales que en las aguas con fitodepuración.

Tabla 4  
Comparación entre agua residual y con fitodepuración

PARÁMETRO En agua con fitodepuración	Análisis 1		Análisis 2		Análisis 3		Análisis 4	
	AR	AF	AR	AF	AR	AF	AR	AF
DBO <sub>5</sub>	4.1	3.2	4.1	LCM	LCM	LCM	10.0	10.0
DQO	11.2	9.2	11.2	LCM	10.9	10.9	LCM	LCM <sup>10</sup>
Nitratos (mg/l)	1.4	1.4	1.4	3.5	1.1	1.1	1.7	1.7
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>	23	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>	1.8 x 10 <sup>4</sup>
Sólidos Totales en	414.2	414.2	414.2	411.2	407.3	407.3	436.7	436.7

<sup>10</sup> LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

suspensión: SST<sup>[1]</sup>  
(ml/l)

En la tabla 3 se puede evidenciar que la aplicación de fitodepuración con *Myriophyllum aquaticum* permite disminuir la cantidad de coliformes termotolerantes en las aguas residuales de la ciudad de los Baños del Inca.<sup>[2]</sup>

A continuación, se muestra en la Figura 7 un resumen de la demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno presentes en el agua residual:<sup>[2]</sup>

Figura 7

Resumen de **Demanda Bioquímica de Oxígeno** y **Demanda Química de Oxígeno**  
(Agua residual)

La **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** se emplea para evaluar el impacto

a corto plazo que causarán los vertidos de aguas residuales en los niveles de oxígeno del cuerpo de agua receptor. Representa la fracción <sup>[8]</sup> de aguas residuales que contiene materia orgánica y que consume oxígeno a lo largo de diversas etapas del proceso, desde la entrada de las aguas residuales hasta la salida de las mismas. La DBO también puede utilizarse para modelar los procedimientos en plantas de tratamiento con el fin de mejorar la eficiencia y la efectividad del tratamiento de aguas residuales.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, a veces denominada como Demanda Biológica de Oxígeno, constituye un parámetro crítico en el tratamiento del agua. Cuando se liberan las aguas residuales tratadas al entorno natural, pueden llevar consigo contaminación en forma de materia orgánica hacia las aguas receptoras. Elevadas concentraciones de compuestos orgánicos tienen el potencial de disminuir los niveles de oxígeno disuelto en el agua, lo que da lugar a consecuencias negativas tanto desde el punto de vista medioambiental

como en términos de regulación.

A continuación, se muestra en la Figura 8 un resumen de la demanda

Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno presentes en el agua con fitodepuración:

<sup>[2]</sup>►  
Figura 8

Resumen de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno  
(Agua con fitodepuración)

Al igual que ocurre con la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la

Demanda Química de Oxígeno (DQO) se emplea para calcular la cantidad de carga orgánica presente en una muestra de agua. La DQO se refiere a la cantidad <sup>[13]</sup>► de oxígeno necesaria para degradar los contaminantes de manera química, mientras que la DBO indica la cantidad de oxígeno requerida para la degradación biológica de los contaminantes mediante microorganismos.

A continuación, se muestra en la Figura 8 un resumen del promedio de la demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno presentes en el agua con fitodepuración: <sup>[1]</sup>►

Figura 9

Resumen de **Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno** en las muestras de estudio

Como podemos observar, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda

Química de Oxígeno es mayor **en el agua** con fitodepuración.<sup>[1]•</sup>

Según los estándares en el país, **la demanda bioquímica de oxígeno en agua residual** está dentro de los límites permitidos para ser potabilizadas con desinfección. **Por otro lado, el agua con fitodepuración es necesario que tenga un tratamiento avanzado para poder ser potabilizado.**<sup>[7]•</sup>

Los resultados de la demanda química de oxígeno indican que, **en las aguas residuales, es necesario que se realice un tratamiento convencional para poder ser potabilizadas.**<sup>[7]•</sup> Por otro lado, en las aguas fitodepuradas **es necesario que se realice un tratamiento avanzado para poder ser potabilizado.**

#### 4.1.2. Prueba de hipótesis

<sup>[10]</sup> H1: El uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

Tabla 5

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO <sub>5</sub>	,245	8	,171	,854	8	,106

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mediante el análisis de Shapiro Wilk, indica que se debe trabajar con la prueba paramétrica T de Student debido a mantener la significancia de datos mayores a 0.05.

Tabla 6

Estadísticas de grupo

TIPO DE AGUA	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
DBO AGUA RESIDUAL	4	3,3000	,92376	,46188
AGUA CON FITODEPURACIÓN	4	1,6750	,32016	,16008

Tabla 7

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
DBO Se asumen varianzas iguales	46,374	,000	3,324	6	,016	1,62500	,48883	,42887	2,82113
No se asumen varianzas iguales			3,324	3,710	,033	1,62500	,48883	,22497	3,02503

Figura 10

Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración

### 3 Interpretación:

Debido a que el valor Sig. es de 0.000, menor al valor de significancia 0.05, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ .<sup>[8]</sup> Por lo tanto, existe evidencia suficiente para establecer que el uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de DBO5 de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

<sup>[10]</sup> H2: El uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de DQO de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

Tabla 8

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DQO	,196	8	,200*	,936	8	,571

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mediante el análisis de Shapiro Wilk, indica que se debe trabajar con la prueba paramétrica T de Student debido a mantener la significancia de datos mayores a 0.05.

Tabla 9

Estadísticas de grupo

TIPO DE AGUA	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
DQO AGUA RESIDUAL	4	10,0750	1,35000	,67500
AGUA CON FITODEPURACIÓN	4	7,0250	,94648	,47324

Tabla 10

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
DQO Se asumen varianzas iguales	,427	,038	3,700	6	,010	3,05000	,82437	1,03284	5,06716
No se asumen varianzas iguales			3,700	5,375	,012	3,05000	,82437	,97463	5,12537

Figura 11

Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración

Interpretación:

Debido a que el valor Sig. es de 0.038, menor al valor de significancia 0.05,

se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ . Por lo tanto, existe evidencia suficiente para establecer que el uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de DQO de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

H3: El uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de Coliformes Fecales de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

Tabla 11

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	gl Sig.	Estadístico	gl Sig.
COLIFORMES FECALES	,178	10 ,200*	,911	10 ,291

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mediante el análisis de Shapiro Wilk, indica que se debe trabajar con la prueba paramétrica T de Student debido a mantener la significancia de datos mayores a 0.05.

Tabla 12

Estadísticas de grupo

	TIPO DE AGUA	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
COLIFORMES	AGUA RESIDUAL	5	18,8000	2,68328	1,20000
FECALES	AGUA CON FITODEPURACIÓN	5	12,6000	2,30217	1,02956

Tabla 13

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
COLIFORMES	Se asumen									
FECALES	varianzas iguales	,140	,007	3,921	8	,004	6,20000	1,58114	2,55389	9,84611
	No se asumen									
	varianzas iguales			3,921	7,819	,005	6,20000	1,58114	2,53917	9,86083

Figura 12  
Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración

Interpretación:

Debido a que el valor Sig. es de 0.007, menor al valor de significancia 0.05,

se rechaza la hipótesis nula H0, y se acepta la hipótesis alternativa Ha. Por lo tanto, existe evidencia suficiente para establecer que el uso de Myriophyllum Aquaticum permite la remoción de Coliformes Fecales de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca

<sup>[8]</sup>► H4: El uso de Myriophyllum Aquaticum permite la remoción de solidos totales en suspensión de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

Tabla 14

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	,260	10	,055	,791	10	,311

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mediante el análisis de Shapiro Wilk, indica que se debe trabajar con la prueba paramétrica T de Student debido a mantener la significancia de datos mayores a 0.05.

Tabla 15

Estadísticas de grupo

	TIPO DE AGUA	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
SOLIDOS	AGUA RESIDUAL	5	414,8000	14,01517	6,26777
TOTALES EN SUSPENSIÓN	AGUA CON FITODEPURACIÓN	5	290,3000	9,80638	4,38554

Tabla 16

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior		Superior
SOLIDOS	Se asumen									
TOTALES EN	varianzas	,233	,043	16,275	8	,000	124,50000	7,64971	106,85975	142,14025
SUSPENSION	iguales									
	No se									
	asumen			16,275	7,159	,000	124,50000	7,64971	106,49262	142,50738
	varianzas									
	iguales									

Figura 13

Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración

Interpretación:

Debido a que el valor Sig. es de 0.043, menor al valor de significancia 0.05,

se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ . Por lo tanto, existe evidencia suficiente para establecer que el uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de sólidos totales en suspensión de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

$H_5$ : El uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de Turbidez (UNT) de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

Tabla 17

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TURBIDEZ (UNT)	,183	10	,200	,907	10	,259

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mediante el análisis de Shapiro Wilk, indica que se debe trabajar con la prueba paramétrica T de Student debido a mantener la significancia de datos mayores a 0.05.

Tabla 18

Estadísticas de grupo

	TIPO DE AGUA	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
TURBIDEZ (UNT)	AGUA RESIDUAL	5	1,7460	,37833	,16919
	AGUA CON FITODEPURACIÓN	5	1,2280	,26809	,11989

Tabla 19

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
TUBIDEZ	Se asumen	1,824	,021	2,498	8	,037	,51800	,20736	,03982	,99618
(UNT)	varianzas iguales									
	No se asumen			2,498	7,208	,040	,51800	,20736	,03052	1,00548
	varianzas iguales									

Figura 14  
Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración

Interpretación:

Debido a que el valor Sig. es de 0.021, menor al valor de significancia 0.05,

se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ . Por lo tanto, existe evidencia suficiente para establecer que el uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de Turbidez (UNT) de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

$H_6$ : El uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de Nitrato ( $NO_3^-$ ) de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

Tabla 20

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
NITRATO ( $NO_3^-$ )	,235	10	,123	,797	10	,093

a. Corrección de significación de Lilliefors

La prueba de normalidad mediante el análisis de Shapiro Wilk, indica que se debe trabajar con la prueba paramétrica T de Student debido a mantener la significancia de datos mayores a 0.05.

Tabla 21

Estadísticas de grupo

	TIPO DE AGUA	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
NITRATO (NO3-)	AGUA RESIDUAL	5	1,9000	,90277	,40373
	AGUA CON FITODEPURACIÓN	5	,7400	,37815	,16912

Tabla 22

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior	
NITRATO (NO3-)	Se asumen varianzas iguales	1,970	,019	2,650	8	,029	1,16000	,43772	,15061	2,16939
	No se asumen varianzas iguales			2,650	5,362	,042	1,16000	,43772	,05726	2,26274

Figura 15

Comparativa de medias agua residual y con fitodepuración

Interpretación:

Debido a que el valor Sig. es de 0.019, menor al valor de significancia 0.05,

se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , y se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$ . Por lo tanto, existe evidencia suficiente para establecer que el uso de *Myriophyllum Aquaticum* permite la remoción de Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) de las aguas residuales en el Complejo Turístico Baños del Inca.

4.1.3. Evaluar los parámetros fisicoquímicos de campo: temperatura ( $T^\circ$ ), pH, caudal (Q) y tiempo de retención hidráulica (TRH) del afluente y efluente del sistema de tratamiento con *Myriophyllum aquaticum*.<sup>[20]</sup>

La *Myriophyllum aquaticum*, también conocida como helecho de agua o milenrama acuática, es una planta acuática originaria de Sudamérica. Esta especie es conocida por ser resistente y adaptable a diferentes condiciones de temperatura.<sup>[21]</sup> En general, puede sobrevivir en un rango amplio de temperaturas, desde aproximadamente  $10^\circ\text{C}$  hasta  $30^\circ\text{C}$ .

<sup>[3]</sup> Sin embargo, es importante tener en cuenta que la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de la *Myriophyllum aquaticum* se encuentra en el rango de  $20^\circ\text{C}$  a  $25^\circ\text{C}$ . En estas condiciones, la planta tiende a crecer de manera más vigorosa y saludable.

Es importante destacar que la temperatura no es el único factor que afecta la supervivencia y el crecimiento de esta planta acuática. Otros factores como la calidad del agua, la disponibilidad de nutrientes y la intensidad de la luz también desempeñan un papel importante en su salud y desarrollo.<sup>[11]</sup>

Por ello, considerando la temperatura de las aguas residuales de la ciudad

de la Ciudad de los Baños del Inca, están en el parámetro de actuación de la *Myriophyllum aquaticum*.

Esta especie es conocida por ser muy adaptable y puede crecer en una amplia

gama de condiciones de pH.

En general, la *Myriophyllum aquaticum* puede tolerar un rango de pH entre 6.0 y 8.0. Sin embargo, su crecimiento óptimo se produce en aguas

ligeramente ácidas a neutras, con un pH alrededor de 6,5 a 7,5.

<sup>[3]</sup> Es importante tener en cuenta que, además del pH, otros factores como la temperatura del agua, la iluminación y la calidad general del agua también pueden influir en el crecimiento y la salud de la planta. Por lo tanto, es <sup>[20]</sup> recomendable proporcionar condiciones adecuadas en todos estos aspectos para asegurar un crecimiento óptimo de la *Myriophyllum aquaticum*.

#### 4.2. Discusión

Con respecto a la discusión de resultados, tenemos lo siguiente:

Vidaurre (2018) en su investigación evaluó la efectividad en la eliminación de coliformes totales, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO) en la laguna de tratamiento de aguas residuales del distrito de La Florida, San Miguel, Cajamarca, durante los meses de noviembre a diciembre de 2013. Se eligieron dos puntos de muestreo y se recopilaron muestras del agua de entrada y salida semanalmente a lo largo de dos meses, para un total de 9 recogidas de muestras. Estos valores se compararon con los límites máximos permitidos según la normativa establecida en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. La temperatura promedio del agua residual fue de 27.4 °C en la entrada y 26.4 °C en la salida. El pH promedio fue de 7.3 en

la entrada y 6.8 en la salida. La DQO promedio fue de 625.89 mg/L en la entrada y 371.56 mg/L en la salida, mientras que la DBO5 promedio fue de 390.89 mg/L en la entrada y 288.00 mg/L en la salida. En cuanto a los coliformes totales, se encontraron en promedio 49 x 10<sup>6</sup> NMP/100 mL en la entrada y 23 x 10<sup>6</sup> NMP/100 mL en la salida, y los coliformes termotolerantes promediaron 42.8 x 10<sup>6</sup> NMP/100 mL en la entrada y 20.3 x 10<sup>6</sup> NMP/100 mL en la salida. Los valores de los parámetros analizados, es decir, DQO, DBO5 y coliformes termotolerantes, excedieron los límites máximos permitidos, lo que indica que no se cumple con las normativas actuales establecidas en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM para la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua.

<sup>[17]</sup> Por otro lado, Quispe (2021) presentó una investigación donde se tiene el propósito de esta investigación consistió en evaluar la capacidad de eliminar indicadores bacteriológicos y parásitos en la estación de tratamiento de aguas residuales, y cómo esto afectó al río Lalicucho en la zona de Cajabamba, en el lapso que abarcó desde octubre de 2019 hasta marzo de 2020. Se llegó a la conclusión que el río Lalicucho, que recibe los desechos de la planta de tratamiento de aguas residuales en Cajabamba, mostró que a 200 metros aguas arriba del punto de liberación de los efluentes, se registraron concentraciones de 1.03E+04 NMP/mL de coliformes termotolerantes, 3.75E+04 NMP/mL de Escherichia coli y 5 huevos de helmintos por litro. Por otro lado, a 200 metros aguas abajo del punto de vertimiento de los efluentes en el cuerpo receptor, las concentraciones de coliformes termotolerantes, Escherichia coli y huevos de helmintos fueron

de 2.97E+04 NMP/mL, 1.37E+04 NMP/mL y 10 huevos de helmintos por litro, respectivamente. Estos valores excedieron significativamente los límites máximos permitidos (LMP) y las concentraciones admisibles establecidas en la Categoría 3 de Estándares de Calidad Ambiental (ECAs), lo que indica que el agua no es adecuada para el riego de vegetales.

Finalmente, Guardia et al. (2023)<sup>[1]</sup> presentó una investigación donde se tuvo como propósito de este estudio fue evaluar la efectividad en la reducción de las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Totales en Suspensión (SST) en el tanque Imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, provincia de Huancavelica, en el departamento de Huancavelica. Para llevar a cabo esta investigación, se recolectaron y analizaron muestras de agua en dos puntos: el punto de entrada (P1) al tanque y el punto de salida (P2) del tanque Imhoff. Se obtuvieron un total de 32 muestras de agua residual (16 en el punto de entrada y 16 en el punto de salida), y cada muestra se evaluó para medir los parámetros DBO, DQO y SST. Estas mediciones se llevaron a cabo en un laboratorio certificado por el INACAL Pacific Control.<sup>[3]</sup> Los resultados de la eficiencia de remoción en la planta de tratamiento del tanque Imhoff fueron los siguientes: la DBO5 se redujo en un 27.19%, la DQO se redujo en un 22.88% y los SST se redujeron en un 16.99%.<sup>[1]</sup> En resumen, se puede concluir que la eficiencia de remoción de la DBO5 y los SST es menor al 30% y 40%, respectivamente, según lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP. OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Además, la DQO disminuyó

en menos del 25%.<sup>[9]</sup> En consecuencia, se puede afirmar que el proceso de tratamiento en el tanque Imhoff de la planta de tratamiento de aguas residuales en Acoria es insuficiente.

En nuestra investigación, los sólidos en suspensión promedio en agua residual es de 414.80 ml/L, lo cual se traduce en un 41.48% y sólidos en suspensión promedio en fitodepuración es de 423.32 ml/L, lo cual se traduce en un 42.33%. También, la turbidez en el agua con fitodepuración es mayor a la presentada con agua residual, la cual refleja la dispersión y absorción de la luz en lugar de su transmisión.<sup>[2]</sup> Por otro lado, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno es mayor en el agua con fitodepuración, donde para la DBO, según la normativa vigente en el país, están dentro de los límites permitidos para ser potabilizadas con desinfección. Por otro lado, el agua con fitodepuración es necesario que tenga un tratamiento avanzado para poder ser potabilizado. Para la DQO, en las aguas residuales, es necesario que se realice un tratamiento convencional para poder ser potabilizadas. Por otro lado, en las aguas fitodepuradas es necesario que se realice un tratamiento avanzado para poder ser potabilizado. Los indicadores físicoquímicos en el terreno, como la temperatura (T°) y el pH, en las entradas y salidas del sistema de tratamiento que emplea *Myriophyllum aquaticum*, demuestran que este sistema es adaptable a un rango de temperaturas que oscila entre 10 y 30 grados centígrados, con su mejor rendimiento entre 20 y 25 grados centígrados. En cuanto al pH, se encuentra en un rango de 6.00 a 8.00.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La eficiencia de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, nitratos y coliformes termotolerantes del efluente del complejo turístico en Baños del Inca utilizando *Myriophyllum aquaticum* es elevada porque permite la remoción de más del 66 %.<sup>[1]</sup>
- La concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, nitratos y coliformes termotolerantes; provenientes del afluente y efluente del sistema de tratamiento con *Myriophyllum aquaticum*, disminuye en un 60 a un 70 %. Por otro lado, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno es mayor en el agua con fitodepuración y la primera muestra (SC-224) presenta la mayor concentración a comparación de las otras muestras. En el Agua residual se presenta una DBO y DQO de 3.3 mg/L y 10.075 mg/L respectivamente; mientras que en el agua con fitodepuración se presenta una DBO y DQO de 7.775 mgO<sub>2</sub>/L y 25.825 mgO<sub>2</sub>/L respectivamente.
- Los parámetros fisicoquímicos de campo: temperatura (T°) y pH, del afluente y efluente del sistema de tratamiento con *Myriophyllum aquaticum* es que puede adecuarse a temperaturas que varían entre 10 a 30 grados centígrados, con un óptimo rendimiento de los 20 a 25 grados centígrados; respecto al PH de 6.00 a 8.00.

### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los estudiantes que quieran investigar sobre la efectividad de la de la *Myriophyllum aquaticum* tener en cuenta que se debe considerar con aguas servidas para evaluar su efectividad.

- Se recomienda a las autoridades de la ciudad de Baños del Inca, que, a raíz de esta investigación, realicen programas de purificación de las aguas con el uso de la *Myriophyllum aquaticum*.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andueza, F. D. (2014). Microbiología del agua. <sup>[11]</sup> San José, Costa Rica.
- Bautista, J. (2016). <sup>[5]</sup> Fitorremediación utilizando *Myriophyllum aquaticum* para la remoción de cromo total de efluentes líquidos de la industria de pinturas en Chacra Cerro. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. p.
- Calderón, F. <sup>[28]</sup> (16 de marzo de 2019). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO: DBO 5-días. Obtenido de Calderón, F. (1997). DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO: DBO 5-días (en línea, sitio wehttp://www.drcaideronlabs.com/Metodos/Analisis\_De\_Aguas/Determinacion\_de\_DBO5.htm.
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo. <sup>[8]</sup> (11 de febrero de 2019). Fitorremediación: <sup>[4]</sup> una alternativa para eliminar la contaminación, *ropical and Subtropical Agroecosystems* (Serie ISSN 1870-0462) 14(2):597-612. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>.
- DIGESA (Dirección General de Salud). (26 de diciembre de 2018). Abastecimiento de Poblaciones y Uso Recreacional – Parámetro a Evaluar: Organoléptico. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE)
- DIGESA (Dirección General de Salud). 2002. <sup>[3]</sup> (17 de marzo de 2019). Estándares de calidad ambiental del agua: Riego de Vegetales y bebida de animales. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE)

E%20U

Echarri, L. I. (17 de marzo de 2019). <sup>[33]</sup> **Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.**

Obtenido de editorial Teide. 231 p.:

<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/150Eutro.htm#POBLACION>.

(2018). Eficiencia de la remoción de coliformes totales, termotolerantes, demanda

bioquímica y química de oxígeno en la laguna de estabilización del distrito

La Florida, San Miguel, Cajamarca. Noviembre - Diciembre de 2013.

Chiclayo: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

(2021). <sup>[9]</sup> **Eficiencia de Remoción de Parámetros Bacteriológicos y Parasitológicos**

**en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales** y su Impacto en el río

Lalicucho - Cajabamba. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

Espigares, M. y. (12 de octubre de 2018). Aguas residuales composición. Obtenido

de

[http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

[f/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf).

Ferro, M. (2019). Fitodepuración Aplicación al caso de la Albufera. . Madrid,

España.: Universidad Politécnica.

Frers, C. (28 de diciembre de 2018). <sup>[17]</sup> **El uso de plantas acuáticas para el tratamiento**

**de aguas residuales.** Obtenido de 2008:

<https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/download/././21323>.

Guardia Curasma, L., & Ccente Inga, r. (2023). <sup>[1]</sup> **Evaluación de la eficiencia de**

**remoción de la DBO, DQO y SST del tanque Imhoff, de la planta de**

**tratamiento de aguas residuales del distrito de Acoria, Provincia de**

Huancavelica, departamento de Huancavelica. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2008). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.

Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (16 de marzo de 2019).<sup>[3]▶</sup>

Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: <sup>[3]▶</sup>revisión de la literatura. Obtenido de CENIC Ciencias Biológicas (Serie ISSN 2221-2450) 44(3):15-18: <https://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/bacterias-indicadoras-de-contaminaci%C3%B3n-fecal-en-la-evaluaci%C3%B3n-de-la-calidad-de-las-aguas>

Martelo, J. y. (28 de diciembre de 2018).<sup>[1]▶</sup> Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales. Obtenido de SciELO (Sección Ingeniería y Ciencia) 8(15):221-243: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>.

Mendoza, D., Salazar, K., & Bravo, L. (28 de setiembre de 2018). Fitorremediación acuática con *Myriophyllum aquaticum* para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc – Cajamarca. Obtenido de Tesis Ing. Ambiental y de Recursos Naturales. Callao, Perú, Universidad Nacional del Callao. 213 p.: Mendoza, D; Salazar, K; Bravo, L. 2016. Fitorremediación acuática con *Myriophyllum aquaticum* para el tratamiento de efluentes generados por pasivos ambientales mineros de Hualgayoc – Cajamarca (en línea). Tesis Ing. Ambiental y de Recursos Naturales. Call

Núñez, R., Meas, Y., Ortega, R., & Olguín, J. (28 de diciembre de 2018).

- Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. Obtenido de Revista Ciencia (Sección biotecnología y biología molecular) 55(3):69-82.: [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf).
- OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). (12 de octubre de 2018). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Obtenido de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Organizaciones Comunitarias Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS). (2012). Sistema de saneamiento ambiental. Cuenca, Ecuador: Care.
- Palomares, A. (16 de marzo de 2019). Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. Obtenido de <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>.
- Perales, N. (2008). Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Grande de la provincia de Celendín. . En Tesis Ing. Ambiental. (pág. 230p). Cajamarca, Perú.
- Pocohuanca, N. (28 de setiembre de 2018). Supervivencia, crecimiento y respuesta fisiológica de *Myriophyllum aquaticum* (Vell.) Verdc. en relación a diferentes concentraciones de arsénico con fines de su uso en rizofiltración. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4378/Bipoabns.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Reynoso, M. M. (2015). Manual de microbiología general. Buenos Aires,

Argentina: Uniro.

- Ríos, S. A. (2017). Patógenos Microbianos e Indicadores Microbiológicos de calidad del agua para consumo humano.
- Rodríguez, A. C. (2011). Estrategia educativa para la prevención del parasitismo en edades pediátricas. Archivo Médico de Camaguey.
- Romero, L., Ramírez, F., Álvarez, C., & Miranda, M. (28 de setiembre de 2018). Uso de hidrófitas y un sistema anaerobio para el tratamiento de agua residual de rastro. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682011000100010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100010).
- s.f., C. (18 de febrero de 2019). Física práctica. . Obtenido de <https://www.fisicapractica.com/caudal.php>.
- s.f., P. e. (11 de febrero de 2019). Myriophyllum aquaticum. Obtenido de <http://www.plantsnshrimps.com/plantas/myriophyllum-aquaticum/>.
- Sherman, I. &. (1994). Biología perspectiva humana. México. México: Mc Graw Hill.
- Solomon, E. P. (2013). Biología. México: CENGAGE Learning.
- Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (s.f.).  
<sup>[8]</sup> [Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento.](#)  
Obtenido de <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>
- Vega, M. s. (12 de diciembre de 2018). Aguasresiduales.info: concepto de tiempo de retención hidráulico. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/expertos/tus-consultas/definiciones->

vDQkW.