



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“TRATAMIENTO DE AGUAS CON ESPECIES  
VEGETALES ACUÁTICAS”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autores:**

EDVIN CALIN RODRIGO BUSTAMANTE  
OLVIN JUANITO VEGA BURGA

**Asesor:**

Mblgo. LUIS FELIPE VALDEZ NUÑEZ

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

A:

Dedicamos este proyecto de tesis principalmente a Dios, por darnos la oportunidad de vivir y por estar con nosotros en cada día, por fortalecer nuestros corazones e iluminarnos la mente como formación profesional, a nuestras madres por ser el pilar de la familia brindándonos siempre el cariño constante y apoyo incondicional, a nuestros padres que diariamente nos dan su apoyo constante, a todos los amigos y familiares por haberse puesto en nuestro camino con su compañía y apoyo durante todo el periodo de estudio y a todos los Docentes que con su enseñanza sabia nos guiaron por un buen camino del saber para llegar hasta donde estamos ahora en nuestra formación profesional.

Los autores:

Edvin Calín Rodrigo Bustamante

Olvin Juanito Vega Burga

## AGRADECIMIENTO

Los resultados de este proyecto de tesis, están dedicados a todas aquellas personas que de alguna forma son parte de su culminación; En primer lugar, a Dios por habernos guiado por el camino del bien y la felicidad; en segundo lugar, nuestros sinceros agradecimientos a nuestros Padres César Dagoberto Rodrigo Idrogo y María Rosabel Bustamante Regalado (Edvin Calín Rodrigo Bustamante); Rosalía Burga Vera (Olvin Juanito Vega Burga), a nuestros hermanos, y todos nuestros tíos; por habernos dado fuerza y su apoyo constante para llegar hasta donde estamos ahora; y por último a mi compañero de este proyecto que con armonía grupal lo hemos logrado y a nuestro Docente de proyecto de tesis quién nos ayudó en todo momento, Mtr. Mblgo Luis Felipe Valdez Núñez

## Tabla de contenido

|   |           |
|---|-----------|
| <b>DEDICATORIA.....</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>                     | <b>5</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                    | <b>6</b>  |
| <b>RESUMEN .....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>             | <b>8</b>  |
| <b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>             | <b>9</b>  |
| <b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>              | <b>15</b> |
| <b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b> | <b>17</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                           | <b>19</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                               | <b>19</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 01 Proceso de recopilación de datos.....</b> | <b>11</b> |
|---|-----------|

## ÍNDICE DE FIGURAS

## RESUMEN

La percepción del uso de las plantas acuáticas en el tratamiento de las aguas ha tomado mayor importancia en las últimas décadas, tal como se ve reflejada según la información recogida en el periodo 2004-2016 de revistas artículos y tesis en los buscadores; Biblat (Biblioteca latinoamericana), Scielo, El Diario FICAYA Emprende, Redalyc.org, que según el criterio elegibilidad la información extraída se encuentra en su mayoría los idiomas español e Inglés que destacan el tratamiento de agua para consumo humano mediante especies vegetales acuáticas, Se encontraron 5 artículos (2004-2016), 4 tesis (2004-2016), y 2 revistas (2010-2011), la mayoría de lo buscado se encuentran hace una década atrás, todos son de tipo científico además se observó que las publicaciones recientes son las que cuentan con más información y actualizadas en la aplicación de las plantas acuáticas, donde tienen una influencia sobre el tratamiento del agua que se evidencia en el artículo publicado en el año 2016, lo que nos da entender la importancia de las especies vegetales acuáticas para tratar el agua por su importancia en el factor económico que los tratamientos convencionales demostrando ser eficientes en su aplicación.

**PALABRAS CLAVES:** Plantas acuáticas, Tratamiento de aguas para consumo humano, calidad de agua.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las plantas acuáticas, denominadas también macrofitas, cumplen un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos. Brindan directa o indirectamente alimento, protección y un gran número de hábitats para muchos organismos de estos ecosistemas. Muchas de estas plantas son útiles para el ser humano, puesto que sirven de alimento, son materia prima para la industria y se usan en procesos de biorremediación, ya que pueden absorber algunas sustancias disueltas y brindar oxígeno mediante la fotosíntesis. Sin embargo, en algunos cuerpos de agua artificiales podrían crear problemas, porque pueden interferir con el uso que le da el hombre a esa agua al obstruir su flujo o la navegación y al crear ambientes propicios para plagas, enfermedades y vectores que afectan la salud humana (Arroyave, M.D.P 2004)

Los sistemas de tratamiento de aguas con plantas acuáticas son una alternativa eficiente y económica para el tratamiento de aguas residuales, la remoción de microorganismos y contaminantes físico químico, esto debido a sus bajos costos de construcción, operación y mantenimiento frente a los sistemas convencionales actuales. La remoción en sistemas con macrófitas se atribuye a procesos de sedimentación, absorción y remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica. (Zarela 2012)

En los últimos años se ha incrementado la contaminación del agua, debido al arrojado de residuos orgánicos e inorgánicos, sólidos entre otros; En la presente investigación pretendemos conocer cuanta información existe en relación al tratamiento del agua con

plantas nativas, ya que es un sistema de tratamiento de fácil aplicación y más económico frente a los demás sistemas de tratamiento. Además, pretendemos investigar el tipo información que se encuentra con respecto a la efectividad de las especies vegetales en el tratamiento del agua, también comparar la información de diversas fuentes que hablen del tratamiento de las plantas nativas en el agua.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### Criterios de elegibilidad

- “Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano”. (2010)
- “Tratamiento de agua para consumo humano” (2011)
- “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas” (2012)
- “Tratamiento de aguas residuales urbanas y vinícolas con humedales artificiales de flujo subsuperficial” (2008)
- “tratamiento anaerobio – aerobio de efluentes industriales en ambiente de fechamiento de circuitos de aguas” (2004)
- “aplicación de macrofitos acuáticos en el tratamiento de residuales urbanas y sus subproductos mediante humedales artificiales en clima mediterráneo” (2016)

- “Efectos de *Eosenia foetida* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de materia orgánica, nutrientes y coliformes en efluentes domésticos” (2016)
- “Uso de macrofitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo” (2007)
- “Plantas acuáticas en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas” (2015)
- “Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales” (2005)
- “La Lenteja de agua (*Lemna minor* L.): una planta acuática promisoría” (2004)

### Recursos de información

- Google académico
- Dialnet
- Ulima (Universidad de Lima)
- Repositorio institucional Universidad Nacional de Ingeniería
- Biblat (Biblioteca latinoamericana)
- Scielo
- El Diario FICAYA Emprende
- Redalyc.org

### Búsqueda

- Calidad de agua.
- Tratamiento del agua a través de plantas acuáticas.
- Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de agua.

- Plantas acuáticas.
- Tratamiento de agua para consumo humano.
- Revistas de medio ambiente.
- Especies vegetales usadas en la depuración de aguas.

### Selección de estudios

- Elegimos los artículos mencionados anteriormente, porque se encuentran en páginas confiables que nos garantizan que su contenido es auténtico y confiable; lo que amerita que la información obtenida nos va ser útil en nuestra investigación.

**Tabla 01: Proceso de recopilación de datos**

| Fuente  | Diseño<br>Metodológico | País     | Breve resumen   |
|---|------------------------|----------|---|
| Torres, P., Cruz, C.,<br>Patiño, P., Escobar, J., &<br>Pérez, A.,2010 | Revisión               | Colombia | Discutieron que las herramientas de diagnóstico rápidas y representativas como los índices de calidad del agua - ICA - garantizan una evaluación integral del recurso, fundamental en la toma de acciones para manejo y control del riesgo sanitario a través de los diferentes procesos de potabilización. |

|   |          |        |  |
|---|----------|--------|--|
| Chulluncuy., 2011.                      | Revisión | Perú   | El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud, y cumplir con las normas bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas. El agua es un recurso valioso y escaso, por lo tanto, la población debe utilizarla de forma racional.   |
| Zarela Milagros García Trujillo., 2012. | Revisión | Perú   | En este trabajo se presenta un estudio comparativo acerca de la capacidad depuradora de nutrientes presentes en las aguas residuales, de tres plantas acuáticas flotantes, <i>Azolla filiculoides</i> , <i>Lemna minor</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> ;<br>Analizaron Como alternativa a las costosas técnicas convencionales de tratamiento de aguas residuales, los ingenieros han desarrollado una serie de sistemas de bajo coste basados en los mecanismos de depuración existentes en la naturaleza, denominados por esta causa, "sistemas de tratamiento naturales". Entre estos sistemas, se encuentran los humedales artificiales. |
| Mena, J., 2008                          | Revisión | España | En el presente trabajo de tesis doctoral se evalúa el sistema de tratamiento anaerobio UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) en efluentes de diversas instalaciones industriales con elevada carga orgánica en Río Grande do Sul (Brasil).<br>La gran demanda de agua en las zonas áridas y semiáridas ha producido cambios en el territorio  |
| Wagner, David, Gerber., 2004            | Revisión | Brasil |  |

|   |          |          |  |
|---|----------|----------|--|
| Pérez, J., 2016                             | Revisión | España   | que han afectado a la extensión y la biodiversidad de los paisajes ligados al agua, principalmente mediante la intensificación de determinadas actividades económicas ligadas al territorio.   |
| Vizcaíno Mendoza, L.;                       |          |          | el objetivo de conocer la capacidad depuradora de un sistema biológico potencialmente aplicable como alternativa para la reducción de la carga   |
| Fuentes Molina, N., 2016.                   | Revisión | Colombia | contaminante de efluentes residuales domésticos del municipio de San Juan del Cesar, se evaluó, a escala de laboratorio, el efecto del tratamiento con <i>Eisenia foetida</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> , sobre la remoción de materia orgánica, de nutrientes y de patógenos.   |
| MG Ramos-Espinosa, LM                       | Revisión | México   | Se evaluó la calidad del agua obtenida de humedales artificiales y el efecto del agua tratada sobre las primeras etapas de crecimiento de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> cv. D65) y maíz ( <i>Zea mays</i> cv. DK 2002). El sistema consistió en tres estanques en serie sembrados con junco ( <i>Scirpus americanus</i> ), tule ( <i>Typha latifolia</i> ) y lirio acuático ( <i>Eichhornia crassipes</i> ). Se hizo pasar el agua por cada uno, con un tiempo de retención de 15 días. |
| Rodríguez-Sánchez... - Hidrobiológica.,2007 |          |          |  |

|   |          |          |  |
|---|----------|----------|--|
| Lucero.,2015  | Revisión | Ecuador  | Se realizo el Proceso de siembra se realizó en base a hijuelos de plantas grandes obtenidas de otros los sistemas de tratamiento de aguas residuales y del Lago San Pablo. La siembra fue realizada dispersándose esporádicamente los hijuelos de jacinto de agua en los cuatro estanques de la comunidad de Turucu con la finalidad de evitar un estrés en la planta y una mejor adaptación.  |
| Celis Hidalgo, J., & Junod Montano, J., & Sandoval Estrada, M.,2005 | Revisión | Chile    | Se analizan aquí los procesos y aplicaciones de los sistemas de depuración de aguas residuales con plantas acuáticas, y su importancia en las distintas actividades industriales, mineras y domésticas.  |
| Arroyave, M. (2004)   | Revisión | Colombia | Se describen las principales características morfológicas y ecológicas de la planta acuática Lemna minor L., al igual que la utilización que tiene como complemento alimenticio para animales domésticos y en labores de fitorremediación, por su capacidad de absorber nutrientes y contaminantes de los ecosistemas acuáticos. Asimismo, se discute su potencial como una especie adecuada para realizar ensayos de fitotoxicidad. |

### **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

Se encontraron 5 artículos (2004-2016), 4 tesis (2004-2016), y 2 revistas (2010-2011), la mayoría de lo buscado se encuentran hace una década atrás, todos son de tipo científico

los resultados derivados de la revisión se describen a continuación, según las preguntas previamente mencionadas, Calidad de agua, Tratamiento del agua a través de plantas acuáticas, Uso de plantas acuáticas para el tratamiento de agua, Plantas acuáticas, Tratamiento de agua para consumo humano, Revistas de medio ambiente, Especies vegetales usadas en la depuración de aguas, de los cuales en el caso de las tesis encontradas solo seleccionamos las que cumplieron con la información requerida en el tema de investigación, posteriormente para optar por las revistas tomamos en cuenta las palabras claves de Tratamiento de agua para consumo humano y que se encuentren en un periodo actualizado en comparación de las revistas descartadas, por último para la elección de los artículos tomamos en cuenta el método de búsqueda de varias páginas confiables como es: Ulima (Universidad de Lima), Repositorio, institucional Universidad Nacional de Ingeniería, Biblat (Biblioteca latinoamericana), Scielo, El Diario FICAYA Emprende, Redalyc.org.

#### **Tratamiento de agua para consumo humano**

Se encontraron 2 revistas centradas en el tratamiento de agua para consumo humano, aportando explicaciones conceptuales y metodológicas sobre los diferentes tratamientos del agua para consumo humano mediante especies vegetales acuáticas.

### **Tratamiento de aguas**

Encontramos 4 tesis centradas en tratamiento de aguas en donde los autores los autores de dichas tesis se centraron principalmente en tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas por su eficiencia y bajo costo en la remoción de contaminantes.

### **Uso de las plantas acuáticas**

Encontramos 5 artículos científicos que nos mencionan el uso o aplicación de las plantas acuáticas como es de *Eichhornia crassipes*, lenteja de agua, entre otros, principalmente utilizados para el tratamiento de aguas domésticas y residuales.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En esta investigación se analizó la literatura científica en la base de datos Scielo, Ulima (Universidad de Lima), Repositorio, institucional Universidad Nacional de Ingeniería, Biblat (Biblioteca latinoamericana), El Diario FICAYA Emprende, Redalyc.org, Google académico, Dialnet; sobre el tratamiento de agua con especies vegetales acuáticas, donde nuestro objetivo fue realizar el análisis sobre el tratamiento de aguas en la cual destacamos los aspectos considerados importantes y analizamos las implicaciones para la investigación y su aplicación de las plantas acuáticas, fueron identificados 11 estudios que respetaban los criterios establecidos para la revisión.

Se observó publicaciones recientes con más detalle y actualizadas en la aplicación de las plantas acuáticas, donde tienen una influencia sobre el tratamiento del agua que se evidencia en los artículos publicados en el año 2016, en donde Vizcaíno Mendoza, L.; Fuentes Molina nos dan a conocer la capacidad depuradora de un sistema biológico potencialmente aplicable como alternativa para la reducción de la carga contaminante de efluentes residuales domésticos destacando el efecto del tratamiento con *Eisenia foetida* y *Eichhornia crassipes*, plantas acuáticas que actúan sobre la remoción de materia orgánica, de nutrientes y de patógenos. Por su parte Pérez, J (2016). Menciona a los humedales artificiales desde una perspectiva macroscópica en donde trata de explicar la importancia de la extensión de estas tecnologías para alcanzar una eficiencia singular en un escenario poco probable debido a que estas tecnologías no son muy desarrolladas en el mundo por la preferencia de los sistemas de tratamiento convencionales.

## **Conclusiones**

Por tanto, llegamos a concluir que:

- En la presente investigación conocimos cuanta información existe en relación al tratamiento del agua con plantas nativas,
- Analizamos el tipo información que se encuentra con respecto a la efectividad de las especies vegetales en el tratamiento del agua,
- también comparamos la información de diversas fuentes que nos hablan del tratamiento de las plantas acuáticas.

## **LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES**

### **LIMITACIONES**

- Una limitación principal fue la búsqueda de información, donde se encontraba en idiomas diferentes al español

### **RECOMENDACIONES**

- Recomendamos al momento de realizar la búsqueda de información extraerlo de fuentes confiables como Dialnet, Scielo, Google académico para dar mejor veracidad a los resultados encontrados.

## REFERENCIAS

- Zarela Milagros García Trujillo. (2012). “Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas”. LIMA-PERÚ. Universidad Nacional de Ingeniería Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1292/1/garcia\\_tz.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1292/1/garcia_tz.pdf).
- Arroyave, M. (2004). la lenteja de agua (*Lemna minor* L.): una planta acuática promisoría. Revista EIA, (1), 33-38.

## ANEXOS