

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**



**ESTUDIO SOBRE EL TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES MEDIANTE PLANTAS MACRÓFITAS  
FLOTANTES: UNA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO  
DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

**AUTOR**

**JHIAMIL STALIN DELGADO VASQUEZ**

**ASESOR**

**HÉCTOR AUGUSTO GAMARRA UCEDA**

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

**Chiclayo, 2019**

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	5
II.	MARCO TEÓRICO .....	6
2.1.	ANTECEDENTES .....	6
	Los principales antecedentes internacionales son: .....	6
	Los Principales antecedentes nacionales son: .....	10
2.2.	BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS .....	12
2.2.1.	Aguas residuales.....	12
2.2.2.	Tratamiento de aguas residuales.....	12
2.2.3.	Plantas macrófitas .....	12
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1.	TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	13
3.2.	TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	13
3.3.	VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN .....	13
3.4.	POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO Y MUESTREO .....	14
3.5.	MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .	14
3.6.	PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS .....	15
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
V.	CONCLUSIONES .....	24
VI.	RECOMENDACIONES .....	25
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
VIII.	ANEXOS.....	28

## Lista de tablas

Tabla 1	Análisis de resultados de las principales investigaciones. ....	16
Tabla 2	Principales resultados de las investigaciones acerca del tratamiento de aguas residuales mediante plantas macrófitas. ....	19

## RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo, determinar el estado actual de las investigaciones y recopilar la principal información existente en cuanto al tema. Se justifica en el ámbito académico y científico, ya que con una buena recopilación de información servirá de base teórica para investigaciones en esta rama de la ingeniería, teniendo un punto de partida, la revisión de un estado de arte actualidad. De los resultados procesados se determina que: En la actualidad existe diversa información sobre el tratamiento de aguas residuales con macrófitas flotantes, sin embargo aún hay un vacío de conocimiento ya que estos tratamientos dependen de diferentes factores y el cambio de uno puede modificar las respuestas de los ensayos, por ejemplo, la estación región natura, clima. La planta que se proyecta como la que tiene mejores propiedades en cuanto al tratamiento de aguas residuales domésticas es el jacinto de agua -*Eichhornia Crassipes*- con altos índices de remoción de materia orgánica. Se recomienda que las investigaciones que se utilicen como antecedentes de investigación tengan carácter científico y sean de naturaleza reciente, para que los resultados del análisis descriptivo sea lo más actualizado posible.

**Palabras clave:** macrófitas, tratamiento de aguas residuales, humedales artificiales.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the current status of the investigations and gather the main existing information regarding the subject. It is justified in the academic and scientific field, since with a good collection of information it will serve as a theoretical basis for research in this branch of engineering, having a starting point, the revision of a state of art attitude. From the proven results that are determined: Currently there is diverse information on the treatment of wastewater with floating macrophytes, however there is still a knowledge of the knowledge that these treatments depend on different factors and the change of one can modify the responses of trials, for example, the natural region season, weather. The plant that is projected as having the best properties in terms of domestic residential water treatment is the water hyacinth -*Eichhornia Crassipes*- with high rates of organic matter removal. It is recommended that the research used as a research background be of a scientific nature and of a recent nature, so that the results of the descriptive analysis are as up-to-date as possible.

**Keywords:** macrophytes, sewage treatment, artificial wetlands.

## I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso básico para la supervivencia de cualquier especie, es una fuente de vida que ha sido apreciada desde la antigüedad, pero la sobrepoblación y la demanda de este recurso por las diversas actividades que realiza el hombre han provocado que se lleve a una escasez de la misma. AL mismo tiempo el agua utilizada no es correctamente tratada para su posterior reutilización, según (Yee 2013) afirma que en Latinoamérica aproximadamente un 70% del agua que utilizamos va directamente a los ríos sin ningún tratamiento, Lo que desde cualquier punto de vista es inaceptable, ya que con las tecnologías actuales deberíamos ser capaces de poder controlar estas cargas contaminantes que van a los ríos sin ningún tratamiento. Es por eso que alternativas viables como las algunas de estabilización o tratamiento con humedales toman importancia, ya que son sistemas de bajo costo y mantenimiento.

En el ámbito nacional tenemos los informes de la (Sunass 2015) en el cual detalla que el 90% de las plantas de tratamiento del país están en mal estado o no funcionan correctamente, además de no contar con las autorizaciones de vertido: los LMP. Por lo que es un grave problema ambiental visto desde cualquier punto de vista. Además, otros informes de la Sunass (2008) determinaban que en ese entonces el porcentaje de tratamiento de aguas residuales en el país era del 30%, y de ese porcentaje solo el 14% cumplía con los estándares que establece la normativa.

Según (Comision Nacional del Agua s.f.). Los tratamientos de aguas residuales, por medio de plantas acuáticas y el proceso de fitorremediación han sido utilizadas en diversos ensayos y experimentos, pero existen diversos factores que influyen en los procesos de depuración que aún no han sido estudiados, y se necesita hacer más investigación. Entre las plantas más estudiadas tenemos el Jacinto de agua, la lechuga de agua o la lenteja de agua, entre otros. Por lo tanto, cada proceso que suceda dentro de los humedales donde se realizan estos tratamientos es complejo y diferente para cada planta. Por lo que se desea conocer el estado actual de la información acerca de este tipo de tratamientos.

Ante lo descrito en los párrafos anteriores surge la interrogante: ¿Cuál es el estado actual de los conocimientos a cerca de los tratamientos de aguas residuales mediante macrófitas flotantes? Para responder esta interrogante se ha planteado como objetivo general: determinar el estado actual de las investigaciones y recopilar la principal información existente en cuanto al tema. Para eso, los objetivos específicos son: elaborar cuadros y tablas con las principales investigaciones, extraer las conclusiones y comparar entre las diversas investigaciones existentes; describir los tratamientos y el tipo de agua a los que se ha aplicado las plantas de estudio.

Esta investigación se justifica en el ámbito académico y científico, ya que con una buena recopilación de información servirá de base teórica para investigaciones en esta rama de la ingeniería, teniendo un punto de partida, la revisión de un estado de arte actualizado. Si se proyecta esto como un proyecto real, tendría mucho mayor impacto como el social, en el cual mejoraría la calidad de vida y salud pública de personas que no cuentan con una planta de tratamiento y se ven afectados por todo lo que esto conlleva.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES

Los principales antecedentes internacionales son:

(Mendoza, Perez y Galindo 2018) *“Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales”*. Este estudio se realizó en Colombia, en la Universidad de la Juajira, exactamente en la ciudad de Riohacha donde se llegó a lo siguiente, se ha evaluado como influyen las plantas acuáticas lechugas de agua y jacinto de agua en el tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales (ARM). Para tal objetivo se diseñó un modelo experimental de seis microcosmos, con 5 muestras experimentales y una de control, que no contará con plantas para la depuración de estas aguas. Los modelos contaron con la capacidad de 84.4 litros, las condiciones fueron ambientales.

Según la prueba Dunnet, la diferencia entre tratamientos de las muestras con estas plantas y la muestra de control no es significativa, por lo que no hay un aporte en gran medida de las plantas en la depuración de contaminantes. No obstante, las diferencias que existen podrían ser suficientes para cumplir con la normativa. Entre los resultados más significativos tenemos que las mayores eficiencias se dan con la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), tanto con 100% como con 50%, la mezcla de 50% de cada planta nos da la mayor remoción de DBO5. Así mismo se alcanzaron remociones de 78,5% NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, 24,9% NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 8,6% NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 51,6% PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, 79,1% DBO<sub>5</sub>, 76,2% DQO y 99,9% para CT y CF.

(Sierra, Ramirez Luis y Rodriguez 2018) *“Evaluación del postratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrófitas como las lentejas de agua (lemma minor) en lagunas de estabilización\*”*. En su investigación destacan: Para cumplir con los parámetros de las normativas se necesita una buena

depuración de aguas residuales, es por eso que esta investigación abarca un proceso terciario, un post-tratamiento después de las etapas de estabilización. Para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación se realizó un modelo a escala para medir la influencia de plantas acuáticas (lenteja de agua) flotantes en la remoción de contaminantes, con 3 muestras y 2 controles. La purificación de agua dio como resultado: Nutrientes removidos: 78% fósforo y 95% nitrógeno. En conclusión, el tratamiento de aguas residuales domésticas con lenteja de agua es posible, ya que tiene una gran capacidad de remover nutrientes. Es de fácil mantenimiento y económico, pero se tiene que tener en cuenta los factores climáticos y ambientales. Para su correcto funcionamiento, así mismo a que tipo de agua se le va a aplicar.

(Sayago 2016) ***“Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la Eichhornia crassipes”***. Esta investigación realizada en Colombia trata sobre el tratamiento de aguas residuales producto de la curtiembre que es el proceso por el cual se convierte la piel en cuero. El agente de tratamiento es la planta acuática Eichhornia crassipes. Como conclusión se obtuvo que esta alternativa es económica y viable tecnológicamente en el ámbito de las industrias.

(Martelo y Borrelo 2012) ***“Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte”*** En su investigación realizada en Bogotá en la Pontificia Universidad Javeriana, hace una recopilación de la información existente a cerca de los tratamientos con macrófitas flotantes, ya que, aunque se hayan hecho diversos estudios y ensayos, aún no se tiene un conocimiento exacto de los procesos de depuración de estas plantas en diversos ambientes. Al mismo tiempo existen diversos tipos de plantas que tienen sus propias propiedades y eliminan distintos contaminantes. Dentro de las más destacadas plantas acuáticas flotantes tenemos al jacinto de agua, lenteja de agua, lechuga de agua, entre otros.

La metodología de recolección de datos fue mediante revisión bibliográfica, ya que es solo una investigación descriptiva. De las diversas plantas macrófitas analizadas, han demostrado tener eficiencias altamente prometedoras, estos ensayos realizados a escala de laboratorio o a escala real. Entre las plantas que cuentan con un mayor estudio y resultados más prometedores se encuentra el Jacinto de Agua ya que puede remover entre el 92 y 25 % el DBO y DQO. Otros aspectos analizados son los metales, en los cuales se ha demostrado que las macrófitas también tienen influencia.

Según las investigaciones revisadas se puede afirmar que las macrófitas han sido estudiadas, pero aún no se tiene una información exacta de sus procesos. Uno de los retos que enfrentamos con estas plantas son la baja capacidad de acumulación de biomasa, por lo que se tiene que ir removiendo periódicamente, pero al mismo tiempo esta biomasa puede ser reutilizada como compost o como combustible ya que produce metano. Así mismo se puede afirmar que aún hay un vacío científico y de conocimientos en cuanto al tratamiento con macrófitas. En cuanto a diseño, es variado de acuerdo al tipo de depuración que se desee.

(R. Poveda 2014) "*Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*". Esta investigación se realiza en Ecuador, en la Universidad de Ambato, el objetivo de la investigación es poner a prueba la capacidad de algunas plantas acuáticas para remover contaminantes del agua producto de uso industrial (lavandería) o uso agrícola, para ver el potencial de estas plantas como especies fitorremediadoras, así mismo con estas cumplir con los requerimientos ambientales que exigen la normativa del país. Las normas que rigen esto son: el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y Norma INEN.

Se evaluaron distintas plantas con la exposición a este tipo de aguas residuales las cuales son: Azolla (Azolla spp.), Lenteja de agua (Lemna spp.), Salvinia (Salvinia spp.), Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y el Trébol de agua (Limnobium laevigatum). Para los cuales se analizaron las condiciones y la capacidad de las plantas para adaptarse al medio en el que se encontraban, midiéndose así en las plantas el número de hojas verdes semanalmente. También se midió el porcentaje de biomasa producida semanalmente del peso seco y se determinó el tratamiento óptimo usando estadística con el programa con un 95% de confiabilidad, aplicando la prueba Turkey.

Los resultados fueron que la mayor remoción de contaminantes y su adaptación al medio lo producirán el Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y la lenteja de agua (Lemna spp.), lo que demuestra que son las más aptas para el proceso de fitorremediación. Las características obtenidas de las muestras en laboratorio fueron: ensayos químicos, biológicos y microbiológicos. Como pH, grasas, DBO5, DQO, aceites, detergentes, coliformes fecales, entre otros. La periodicidad fue de una muestra semanal durante tres semanas. Los análisis estadísticos determinaron que

estas especies removían cantidades parecidas de contaminantes, aunque el jacinto de agua era un poco más efectivo en el tratamiento de aguas industriales.

(Granda 2016) *“Evaluación del potencial fitorremediador de dos especies vegetales (pistia stratiotes l) y (hydrocotyle ranunculoides l.f) en el tratamiento de las aguas contaminadas por la porcicultura en la granja “El Guayabal” del barrio Nambija Bajo, cantón Zamora.”* Esta investigación se realizó en Zamora, en la Universidad de Loja, Ecuador y trata sobre la técnica de la fitorremediación, en este caso para tratar el agua residual de una granja. El objetivo principal de la investigación es contribuir al tratamiento de las aguas residuales producto de la porcicultura, mediante plantas fitorremediadoras. Para lo cual se va a realizar un diagnóstico de las aguas, provenientes de esta actividad. También se evaluó el potencial biorremediador de las plantas a utilizar.

El proyecto se dividió en tres etapas, en la primera parte se realizó el diagnóstico del agua producida por la granja por medio de reconocimiento de campo y entrevista al propietario, luego la etapa dos se realizaron ensayos al agua para saber su estado actual, además se construyeron los modelos donde se tratarían las aguas residuales, que contarían con 3 repeticiones con dos especies de plantas propuestas. Para la tercera etapa se comprobó el grado de descontaminación de las aguas residuales por ambas plantas, así mismo se utilizó un método estadístico para la comprobación de hipótesis de la investigación.

Los resultados obtenidos en la investigación más importantes son: SST 2,6%, DBO5 1,9%, DQO 28%, N 2,6%, Coliformes fecales 1,9% y P 10,6% con la especie Hydrocotyle ranunculoides L.f.

(Díaz, Atencio y Prado 2013) *“Assessment of an artificial free-flow wetland system with water hyacinth (Eichhornia crassipes) for treating fish farming effluents (Evaluación de un humedal artificial con Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) para el tratamiento de efluentes piscícolas)”* en su investigación realizada en la Universidad de Córdoba, determinaron: la piscicultura deja residuos, que en su mayoría son materia orgánica dentro del agua y es uno de las principales causas de la contaminación de esta. Por lo que un tratamiento es necesario y se plantea plantas fitorremediadoras de flujo libre - humedal superficial- Se realizó un modelo de las siguientes dimensiones: 40 metros de largo y 7 metros de ancho, de determinó la

eliminación de amoníaco, DBO5 DQO durante el periodo de 5 meses. Haciendo variaciones reales de caudal.

Dado que el tiempo de retención hidráulica fue de 1.6 días, la eliminación de carga contaminante fue regular por ej.: DBO5 (31.2 %), así mismo los valores más óptimos de tratamiento se obtuvieron en la fase 5, con el menor caudal. Se tiene que dar un mantenimiento mínimo que es la eliminación de plantas excedentes, así mismo se diría que el humedal con flujo libre de jacinto de agua, sí es eficiente.

(Hidalgo, Montano y Estrada 2005) ***“Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas”*** En su investigación nos dice, que plantea una síntesis de los métodos existentes, en la actualidad de realización del estudio, para luego servir como base a futuros estudios o revisiones bibliográficas. La metodología de recolección de datos fue mediante revisión bibliográfica, ya que es solo una investigación descriptiva. De las diversas plantas macrófitas analizadas, han demostrado tener eficiencias altamente prometedoras, estos ensayos realizados a escala de laboratorio o a escala real. Existen diversos tipos de tratamientos de agua residuales y su aplicación dependerá de varios factores, en el caso de las plantas el clima es algo crucial, normalmente es óptimo un clima tropical.

Los Principales antecedentes nacionales son:

(VÁSQUEZ CHINGAY 2018) ***“Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la Universidad Cesar Vallejo - Trujillo utilizando jacinto de agua (eichhornia crassipes) en humedales artificiales”***. Esta investigación se realizó en la ciudad de Trujillo, Perú, la cual evalúa la remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la Universidad Cesar Vallejo sede Trujillo utilizando humedales artificiales de Jacinto de agua (Eichhornia crassipes).

El agua residual evaluada se tomó de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo, para la cual se evaluaron tres parámetros de calidad de agua, que miden la contaminación las cuales son: parámetros fisicoquímicos: DBO5, DQO, SST antes del tratamiento y después como producto del tratamiento. Este proceso de tratamiento se realizó mediante humedales artificiales, que tenían una capacidad de 20 litros.

La duración del ensayo fue de 15 días, con toma de datos y ensayos periódicos cada 5 días. Después de haberse procesado los datos la conclusión a la que se puede llegar es que la máxima capacidad del DQO se da a los 10 días obteniéndose una

remoción de 65.1%, el DBO5 a los 15 días fue de 63.9 % y los SST a los 10 días fue de 68.2%; por lo tanto, la remoción de materia orgánica. Al hacer las comparaciones de la remoción de materia orgánica en el tiempo con y sin jacinto de agua se llega a diferencias considerables. Al comparar el producto del tratamiento de las aguas residuales y los límites máximos permisibles a los 15 días con los especificados en la norma, se llega a la conclusión que cumple con lo establecido.

(Lordan 2107) ***“Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales verticales empleando cyperus alternifolius y chrysopogon zizanioides para el tratamiento de aguas servidas”*** en su investigación realizada en la Universidad Agraria la Molina, en Lima afirma: a incapacidad del estado de crear un sistema eficiente de tratamiento de agua potable y residual. Por lo que se plantea como medida económica y de bajo mantenimiento un sistema de tratamiento de aguas residuales con: *Cyperus alternifolius* y *Chrysopogon zizanioides*. Para lo cual, se han utilizado las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina para realizar el diseño experimental durante el mes de enero y noviembre, tomándose muestras a la entrada del tratamiento y después de este proceso para ambas plantas analizadas en humedales verticales.

Los porcentajes de remoción obtenidos fueron altos, aproximadamente entre 98 y 92 % para DBO y DQO, lo que es un gran aporte, así mismo entre 87 y 89 % de sólidos en suspensión. Los resultados para ambas plantas fueron similares, sin ninguna variación significativa. Se tuvo que hacer una adaptación climática de las plantas para el proyecto, esto se realizó entre los meses de enero y febrero, después se tuvo un crecimiento normal y sostenido. Las plantas llegaron a crecer más de dos metros, por lo que se tuvo que hacer un corte de mantenimiento. Las remociones de parámetros físico químicos fueron aceptables y coincidían con las recomendaciones de las bibliografías consultadas.

(SALAZAR 2015) ***“Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia crassipes "jacinto de agua”***. El proyecto de indagación realizado en la selva peruana trata del análisis del comportamiento de la planta *Eichhornia crassipes* en tres condiciones de pH: ácido, neutro y alcalino, con el objetivo de especificar en cuál medio se obtenía mejores valores de remoción de mercurio.

Para la investigación se realizó una evaluación de las condiciones básicas para la supervivencia de estas plantas en un medio con mercurio, también se llevó a cabo un proceso de adaptación de las plantas a los medios ácido, básico y neutro en los que se va a realizar el ensayo, adicionando dosis regulares de mercurio de manera creciente. Los resultados muestran que las lechugas de agua (*Eichhornia crassipes*), se comporta con un neutralizador de pH, pero con más eficiencia en un medio básico, permitiendo un mayor desarrollo de las raíces de las plantas.

La remoción de mercurio se realizó posteriormente en el agua que varió entre en intervalo 0.05 a 0.5 ppm, en las condiciones de pH, con un testigo de acompañamiento. La delimitación de la concentración de mercurio se realizó mediante el método de la ditizona, con las tomas de datos respectivas a un espectrofotómetro UV- visible, a una longitud de onda de 520 nm. Superando al medio neutro, El producto del proyecto demostró que la mayor medida de eliminación de mercurio se dio en un medio básico, con una media de eliminación de 94.68%. Además, se realizó la evaluación de remoción en intervalos de tiempo, teniendo las 11 primeras horas como tiempo de estudio, en las cuales la mayor remoción se produjo en las 3 primeras horas. Posteriormente se evaluó en un humedal artificial superficial de flujo continuo a escala, teniendo como resultado una eliminación del 99.5% del metal.

## 2.2. BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS

### 2.2.1. Aguas residuales

#### 2.2.1.1. Definición

Según el reglamento nacional de edificaciones se puede definir agua residual como: “Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión” (RNE 2012).

### 2.2.2. Tratamiento de aguas residuales

#### 2.2.2.1. Definición

“Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos” (RNE 2012).

### 2.2.3. Plantas macrófitas

### 2.2.3.1. Definición

Plantas macrófitas flotantes. “Las macrófitas flotantes comprenden un amplio y variado grupo de plantas, entre las que se destacan el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), la salvinia (*Salvinia Spp.*), la redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), y algunas especies de lentejas de agua (*Lemna Spp.*, *Spirodella Spp.*)” (Martelo y Lara 2012)

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

#### Tipo de estudio:

El presente estudio es de naturaleza “descriptiva”, puesto que se busca exponer los avances en cuanto a información acerca de tratamiento de aguas residuales por medio de macrófitas, todo ello en base al análisis de antecedentes bibliográficos de procedencia nacional e internacional.

#### Diseño de contrastación de hipótesis:

- De acuerdo al nivel de investigación es descriptiva, puesto que implica detallar el comportamiento del objeto de estudio sin influir sobre él de ninguna manera.
- De acuerdo al diseño de investigación es transversal, puesto que se realiza en un determinado momento en un área geográfica.
- De acuerdo al fin que se persigue es aplicada, puesto que en base a la recopilación de información pretende dar solución a un planteamiento específico.

### 3.2. TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Por la naturaleza de la investigación no es posible formular una hipótesis.

### 3.3. VARIABLES – OPERACIONALIZACIÓN

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Agua residual	Tratamiento	Primario
		Secundario o Terciario

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Plantas micrófitas (Variable independiente)	Remoción de contaminantes	DBO5
		DQO
		Sólidos en suspensión
		Nutrientes
		Coliformes
		Metales

### 3.4. POBLACIÓN, MUESTRA DE ESTUDIO Y MUESTREO

#### **Población**

Debido al tipo de investigación, son todas aquellas fuentes de información confiables de cualquier tipo y en cualquier idioma, como artículos científicos (de revistas o periódicos) y tesis, que traten sobre el uso de plantas macrófitas para el tratamiento de aguas residuales.

#### **Muestra**

Son aquellos artículos y tesis de validez científica a partir del año 2012, con excepción de un artículo de 2005 que sirve como guía para ver estudios más antiguos, en su gran mayoría lo demuestran experimentalmente. La muestra de 12 antecedentes fue escogida de entre un aproximado de 40 fuentes bibliográficas.

#### **Muestreo**

El tipo de muestreo es no probabilístico, ya que la elección de los elementos de estudio se ha realizado de acuerdo al criterio del investigador.

### 3.5. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICA:	INSTRUMENTO:	APLICACIÓN:
Análisis de documentos	Fichas de registro de información (Anexo N° 01)	Fuentes primarias y secundarias de información (tesis y artículos)

### 3.6. PROCESAMIENTO PARA ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de los datos obtenidos del análisis documental, sean cuantitativos o cualitativos, se usó como herramienta principal el programa de hojas de cálculo Excel, que permite sintetizar la información y presentarla en forma de gráficos de barras, de dispersión, etc.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estado del arte del tratamiento de aguas residuales con plantas macrófitas, actualmente.

De acuerdo con las fuentes bibliográficas consultadas, tanto nacionales como internacionales, el conocimiento actual acerca del tratamiento de aguas residuales con plantas micrófitas es diverso, pero no completo, aún existen vacíos de investigación. El país que tiene más investigación en este ámbito y la información más completa es Colombia, por lo que sería un ejemplo para seguir. Aparte a nivel internacional Ecuador y Chile son dos de los países que también han contribuido con conocimiento acerca del tema en cuestión, la universidad de Loja es una institución que ha profundizado en este tema, en investigaciones como: la utilización de fitorremediadoras en la porcicultura. A nivel nacional, se pueden destacar tres investigaciones, aplicadas en distintos lugares y a diferentes tipos de aguas residuales, una de ellas aplicado a agua con concentración de mercurio.

Esta investigación recopilará la información y servirá de base para próximas investigaciones, aporta un conocimiento científico descriptivo. Es un tema que está relacionado directamente con la ingeniería ambiental que cada día cobra mayor relevancia en la sociedad. Las líneas de investigación que recomiendan seguir los autores coinciden en que el funcionamiento de este tipo de sistemas de tratamiento depende de varios factores, por ejemplo, el clima, las horas de sol, estación del año; la región donde se está realizando el experimento. Esto conlleva a que aún haya un hueco para investigar y completar lo más que se pueda ese vacío de conocimiento científico.

Tabla 1 Análisis de resultados de las principales investigaciones.

Tabla resumen de las principales investigaciones realizadas, respecto al tratamiento de aguas residuales por medio de macrófitas				
Año	País	Título	Plantas usadas/estudiadas	Tipo de agua
2012	Colombia	Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte	jacinto de agua, lenteja de agua, lechuga de agua, entre otros.	Doméstica
2018	Colombia	Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales	Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes	Doméstica
2018	Mexico	Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales		Doméstica
2018	Ecuador	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES (Pistia stratiotes L) y (Hydrocotyle ranunculoides L.f)	(Pistia stratiotes L) y (Hydrocotyle ranunculoides L.f)	Porcicultura
2017	Perú	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE HUMEDALES ARTIFICIALES VERTICALES EMPLEANDO Cyperus alternifolius Y Chrysopogon zizanioides PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS”	Cyperus alternifolius Y Chrysopogon zizanioides	Doméstica
2017	Ecuador	“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”	Ageratum conyzoides	Industrial

2013	Colombia	Assessment of an artificial free-flow wetland system with water hyacinth ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) for treating fish farming effluents (Evaluación de un humedal artificial con Jacinto de agua ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) para el tratamiento de efluentes piscícolas)	( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Piscicultura
2014	Ecuador	“EVALUACIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS FLOTANTES PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIAL Y DE USO AGRÍCOLA PREVIAMENTE CARACTERIZADAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	Azola, Lenteja de agua, jacinto de agua, Salvinia.	Agricultura
2018	Colombia	Evaluación del postratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrofitas como las lentejas de agua ( <i>lemma minor</i> ) en lagunas de estabilización*.	<i>Lemma minor</i>	Terciario - Doméstica
2015	Perú	OPTIMIZACION DE LA FITORREMEDIACIÓN DE MERCURIO EN HUMEDALES DE FIUJO CONTÍNUO EMPLEANDO <i>Eichhornia crassipes</i> "JACINTO DE AGUA"	( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Con metales - Mercurio-
2015	Perú	REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO UTILIZANDO JACINTO DE AGUA ( <i>Eichhornia Crassipes</i> ) EN HUMEDALES ARTIFICIALES	( <i>Eichhornia Crassipes</i> )	Doméstica
2005	Chile	RECIENTES APLICACIONES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS	Variado	Variado

*Fuente: Elaboración propia*

**Resultados y discusión:**

Como se puede apreciar en la tabla anterior la planta con mayor estudio dentro de las macrófitas es la *Eichhornia Crassipes* o jacinto de agua, y el uso más común de los estudios realizados es para un tratamiento de aguas residuales domésticas en su mayoría. Hay investigaciones tanto locales como internaciones, pero destacan las internacionales, por su mayoría. También vemos que hay una variedad de estudios de otras plantas como la lechuga de agua o lenteja de agua. La cual también forma parte de este selecto grupo de plantas macrófitas flotantes. El grupo de plantas macrófitas utilizado es de una amplia variedad, ya que depende del tipo de tratamiento que se desee, ya sea horizontal o vertical. Así mismo de flujo continuo o no, de acuerdo con eso también se harán los diseños experimentales, ya sea a escala o de tamaño real.

El criterio para seleccionar estos autores es su fecha de publicación y además de eso su afinidad con el tema de investigación. Se puede decir que el nivel de investigación varía de acuerdo con el objetivo que se persigue y la persona que lo realiza, siempre buscando los resultados más reales y verídicos, aclimatando las plantas, construyendo sistemas a escala que garanticen las condiciones óptimas. Estas investigaciones son de ámbito nacional e internacional pero no existen antecedentes en el ámbito local, por lo que esta investigación se convertirá en una guía para futuras investigaciones.

Tabla 2 Principales resultados de las investigaciones acerca del tratamiento de aguas residuales mediante plantas macrófitas.

Año	País	Título	Plantas usadas/estudiadas	Conclusiones
2012	Colombia	Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte	jacinto de agua, lenteja de agua, lechuga de agua, entre otros.	Según las investigaciones revisadas se puede afirmar que las macrofitas han sido estudiadas, pero aún no se tiene una información exacta de sus procesos. Uno de los retos que enfrentamos con estas plantas son la baja capacidad de acumulación de biomasa, por lo que se tiene que ir removiendo periódicamente, pero al mismo tiempo esta biomasa puede ser reutilizada como compost o como combustible ya que produce metano. Así mismo se puede afirmar que aún hay un vacío científico y de conocimientos en cuanto al tratamiento con macrofitas. En cuanto a diseño, es variado de acuerdo al tipo de depuración que se desee.
2018	Colombia	Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales	Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes	La mayor remoción de contaminantes se dio en el cosmos que tenía 100% jacinto de agua, seguido por el microcosmos que tenía 50% de jacinto de agua, finalmente en tercer lugar estuvo el microcosmos que contaba con 100% de Lechuga de agua. Otro punto importante es que no hubo variaciones significativas al final del experimento, o sea mediante las pruebas realizadas y el análisis estadístico se llegó a concluir que las condiciones ambientales no fueron las óptimas y no ayudaron al proceso o
2018	Mexico	Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales		La planta que depura el agua residual de manera más eficiente en este caso es la Hydrocotyle ranunculoides, y difiere de la Lechuga de agua. Además, se determinó que los principales contaminantes vertidos fueron los sólidos suspendidos y coliformes totales, naturalmente fuera de los límites permitidos. representando un riesgo para la salud pública, el costo promedio de una planta de tratamiento estaría costando 2000 dólares.

2018	Ecuador	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES ( <i>Pistia stratiotes</i> L) y ( <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f)	( <i>Pistia stratiotes</i> L) y ( <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f)	Se tuvo que hacer una adaptación climática de las plantas para el proyecto, esto se realizó entre los meses de enero y febrero, después se tuvo un crecimiento normal y sostenido. Las plantas llegaron a crecer más de dos metros, por lo que se tuvo que hacer un corte de mantenimiento. Las remociones de parámetros fisicoquímicos fueron aceptables y coincidían con las recomendaciones de las bibliografías consultadas.
2017	Perú	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE HUMEDALES ARTIFICIALES VERTICALES EMPLEANDO <i>Cyperus alternifolius</i> Y <i>Chrysopogon zizanioides</i> PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS”	<i>Cyperus alternifolius</i> Y <i>Chrysopogon zizanioides</i>	<i>Ageratum conyzoides</i> . Es la planta que mayor remoción tuvo en la remoción de contaminantes del suelo. Debido a la contaminación del suelo el nivel de productividad de los terrenos de cultivo de esa zona son las más bajas en comparación con todo el país. El costo de la remediación por Hectáreas es de 1600 dólares aproximadamente
2017	Ecuador	“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”	<i>Ageratum conyzoides</i>	Dado que el tiempo de retención hidráulica fue de 1.6 días, la eliminación de carga contaminante fue regular por ej.: DBO5 (31.2 %), así mismo los valores óptimos de tratamiento se obtuvieron en la fase 5, con el menor caudal.
2013	Colombia	Assessment of an artificial free-flow wetland system with water hyacinth ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) for treating fish farming effluents (Evaluación de un humedal artificial con Jacinto de agua ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) para el tratamiento de efluentes piscícolas)	( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Se tiene que dar un mantenimiento mínimo que es la eliminación de plantas excedentes, así mismo se diría que el humedal con flujo libre de jacinto de agua sí es eficiente.

2014	Ecuador	“EVALUACIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS FLOTANTES PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIAL Y DE USO AGRÍCOLA PREVIAMENTE CARACTERIZADAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”	Azola, Lenteja de agua, jacinto de agua, Salvinia.	La variación de condiciones ambientales influye directamente en el proceso de fitorremediación y la capacidad de depuración de las plantas ya que en un factor que influye en el agua como en el ph, conductividad, entre otras. La lenteja de agua y jacinto de agua dieron resultados similares. Para tratamiento de aguas residuales domésticas el jacinto de agua resulta más viable económicamente y para el tratamiento de agua agrícola ambos métodos son aceptables.
2018	Colombia	Evaluación del postratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrofitas como las lentejas de agua (lemma minor) en lagunas de estabilización*.	Lemma minor	En conclusión, el tratamiento de aguas residuales domésticas con lenteja de agua es posible, ya que tiene una gran capacidad de remover nutrientes. Es de fácil mantenimiento y económico, pero se tiene que tener en cuenta los factores climáticos y ambientales. Para su correcto funcionamiento, así mismo a qué tipo de agua se le va a aplicar.
2015	Perú	OPTIMIZACION DE LA FITORREMEDIACIÓN DE MERCURIO EN HUMEDALES DE FIUJO CONTINUO EMPLEANDO Eichhornia crassipes "JACINTO DE AGUA"	(Eichhornia crassipes)	Superando al medio neutro, los resultados indicaron que la mayor remoción de mercurio se dio en un medio básico, con un promedio de remoción de 94.68%. Además, se realizó la evaluación de remoción en intervalos de tiempo, teniendo las 11 primeras horas como tiempo de estudio, en las cuales la mayor remoción se produjo en las 3 primeras horas. Posteriormente se evaluó en un humedal artificial superficial de flujo continuo a escala, teniendo como resultado una remoción del 99.5% de mercurio.

2015	Perú	REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO UTILIZANDO JACINTO DE AGUA ( <i>Eichhornia Crassipes</i> ) EN HUMEDALES ARTIFICIALES	( <i>Eichhornia Crassipes</i> )	Al hacer las comparaciones de la remoción de materia orgánica en el tiempo con y sin jacinto de agua se llega a diferencias considerables. Al comparar el producto del tratamiento de las aguas residuales y los límites máximos permisibles a los 15 días con los especificados en la norma, se llega a la conclusión que cumple con lo establecido.
2005	Chile	RECIENTES APLICACIONES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS	Variado	Existen diversos tipos de tratamientos de agua residuales y su aplicación dependerá de varios factores, en el caso de las plantas el clima es algo crucial, normalmente es óptimo un clima tropical

*Fuete: Elaboración propia*

**Resultados discusión:**

En este cuadro resumen se puede ver los principales valores obtenidos de las investigaciones evaluadas, los principales tenemos; en el uso de macrófitas para el tratamiento de aguas residuales municipales. La remoción de contaminantes (DBO y DQO) fueron realizados con firmeza y se tiene valores altos de remoción, por ejemplo, el jacinto de agua y lenteja de agua que llegan a tener una remoción superior al 92% de los parámetros mencionados. Además, por la recopilación se puede apreciar que los tratamientos con macrófitas no son exclusivos de las aguas residuales domésticas, ya que se puede aplicar a industria, ganadería, agricultura, minería y más investigaciones que se vayan a realizar.

De las investigaciones también se obtiene que el grado de remoción de los nutrientes depende del tipo de planta y tratamiento utilizado, la lechuga de agua, por ejemplo, remueve fosforo y nitrógeno en altas concentraciones. Otro aspecto evaluado en algunas investigaciones es el precio o apartado económico, teniendo resultados favorables ya que no se requiere de un mantenimiento constante, pero sí se tiene que tener cuidado con la remoción de las plantas muertas porque sería perjudicial para el correcto tratamiento del sistema.

## V. CONCLUSIONES

- En la actualidad existe diversa información sobre el tratamiento de aguas residuales con macrófitas flotantes, sin embargo aún hay un vacío de conocimiento ya que estos tratamientos dependen de diferentes factores y el cambio de uno puede modificar las respuestas de los ensayos, por ejemplo, la estación región natura, clima.
- En el ámbito local los humedales son poco utilizados, y la información es investigación es mínima ya que los diseños se basan en tecnologías convencionales.
- La planta que se proyecta como la que tiene mejores propiedades en cuanto al tratamiento de aguas residuales domésticas es el jacinto de agua -*Eichhornia Crassipes*- con altos índices de remoción de materia orgánica.
- Los tratamientos con macrófitas flotantes son adaptables a una gran variedad de condiciones como el tipo de agua residual a la que está sometida, queda claro que se puede utilizar en diversos campos de las actividades humanas como: industrias, agricultura, piscicultura, entre otras
- La remoción promedio de la materia orgánica (DBO y DQO) fue superior al 90% con la planta Jacinto de agua, lenteja de agua y lechuga de agua.
- Las plantas macrófitas se pueden utilizar en tratamientos de agua cruda, tratamientos secundarios o terciarios, de acuerdo con el contaminante que se quiera remover.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las investigaciones que se utilicen como antecedentes de investigación tengan carácter científico y sean de naturaleza reciente, para que los resultados del análisis descriptivo sea lo más actualizado posible.
- Las remociones de plantas macrófitas son prometedoras y amerita investigaciones futuras, para diferentes condiciones, ya que con la variación de estas se obtienen diferentes resultados.
- Los diseños experimentales se deben realizar de la manera en que se asemejen a la realidad lo más que se pueda para garantizar la veracidad de los resultados.
- Debe seleccionarse con criterio el método de tratamiento a utilizar ya que cada uno tiene diferentes propiedades de tratamiento, y esto otorga diferentes eficiencias de remoción de contaminantes.
- Las condiciones climáticas son un factor importante en el tratamiento de aguas residuales y se deber tomar en cuenta en el diseño ya será experimental o a escala real.
- Se recomienda hacer un análisis del precio a manera más completa para ver el grado de rentabilidad de este sistema de tratamiento de aguas residuales, ya que su objetivo es aplicarlo a pequeñas poblaciones.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comision Nacional del Agua. s.f. *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Humedales artificiales*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Díaz, Alex, Victor Atencio , y Sandra Prado . 2013. «Assessment of an artificial free-flow wetland system with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for treating fish farming effluents.» *Ingeniería y ciencia* (Universidad de Córdoba).
- Granda, Carmen Elizabeth Masache. 2016. *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES (*Pistia stratiotes* L) y (*Hydrocotyle ranunculoides* L.f) EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS POR LA PORCICULTURA EN LA GRANJA “EL GUAYABAL” DEL BARRIO NAMBIJA BAJO, CANTÓN ZAMORA*. Tesis para título, Zamora: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
- Hidalgo, José Céliz, Julio Junod Montano, y Marco Sandoval Estrada. 2005. «RECIENTES APLICACIONES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS.» *Theoría* 17-25.
- Lordan, Miguel Gómez. 2107. “*EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE HUMEDALES ARTIFICIALES VERTICALES EMPLEANDO *Cyperus alternifolius* Y *Chrysopogon zizanioides* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS*”. Tesis para título, Lima : Universidad Agraria la Molina.
- Martelo, Jorge, y Jaime Lara Borrelo. 2012. «Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revision del estado del arte.» *Ingeniería y Ciencia* 8: 221-243.
- Mendoza, Yoma , Jhonny Perez, y Andrés Galindo . 2018. «Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales .» *Información Tecnológica* 10.
- Poveda, Rebeca. 2014. *EVALUACIÓN DE ESPECIES ACUÁTICAS FLOTANTES PARA LA FITORREMIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIAL Y DE USO AGRÍCOLA PREVIAMENTE CARACTERIZADAS EN EL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA*. Tesis Para título, Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- RNE. 2012. *Obras de Saneamiento*. Lima: CAPECO.
- SALAZAR, JOSÉ LUIS PAREDES. 2015. *OPTIMIZACION DE LA FITORREMEDfACIÓN DE MERCURIO EN HUMEDALES DE FIUJO CONTtNUO EMPLEANDO *Eichhornia crassipes* "JACiNTO DE AGUA"*. Tesis para título, Tingo María: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA.
- Sayago, Uriel Fernando Carreño. 2016. «Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*.» *Fundación Universitaria los Libertadores* 8. <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a10.pdf>.
- Sierra, Lorena, Ramirez Luis, y Juan Rodriguez . 2018. «Evaluación del postratamiento de aguas residuales municipales mediante la utilización de macrofitas como las lentejas de agua (lemma minor) en lagunas de estabilización\*.» *Logos Ciencia y Tecnología*.

- Sunass. 2015. *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de las aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Lima.
- VÁSQUEZ CHINGAY, JHENSON EDUARDO. 2018. *REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - TRUJILLO UTILIZANDO JACINTO DE AGUA (Eichhornia Crassipes) EN HUMEDALES ARTIFICIALES*. Tesis para título, Trujillo: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO.
- Yee, Carmen. 2013. *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*. 31 de Diciembre. Último acceso: 24 de Octubre de 2019. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>.

## VIII. ANEXOS

### Anexo N° 01: Modelo de ficha de registro de información

Título del artículo			
Fecha			
Institución			
Contexto			
Dirección URL			
Problema que aborda la tesis sobre el uso de plantas macrófitas en tratamiento de aguas residuales			
Metodología, métodos, técnicas, herramientas, sobre la elaboración sobre la elaboración de concreto reciclado			
Análisis de resultados			
Conclusiones			