UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA EFICIENCIA DE LAS ESPECIES MACRÓFITAS ACUÁTICAS FLOTANTES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS.

AUTOR(ES):

Sharon Justine Pitado Gallegos

Josue Alejandro Rivadeneira Sanmiguel

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Karem Yael Cazares Carrión

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100/100

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
PEDRO ANDRES PENAFIEL ARCOS

Pedro Andrés Peñafiel Arcos
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 11 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con lo establecido
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lectora identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con lo establecido
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problemadel artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple con lo establecido
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleadosen el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple con lo establecido
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordóla información.	15/15	Cumple con lo establecido

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Cumple con lo establecido
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple con lo establecido
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con lo establecido
VALORACIÓN TOTAL	100/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100/100

Atentamente,



ING. JOSE GABRIEL CARPIO SALAS
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de Agosto del 2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 02 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **Sharon Justine Pintado Gallegos** con C.I. **1600538365** con el Tema: **"Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas"**, de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, ha sido revisado mediante el sistema anti plagio URKUND, reportando una similitud del **8%,** Informe generado con fecha **02-08-2022** por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas.doc (D142612601)
Submitted	2022-08-02 20:54:00
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**Calderon_Lesly_Examen Final.docx** Document Calderon_Lesly_Examen Final.docx (D110506498)	2
SA	**T3_TallerdeTesis 2_SalazarBidiosJennifer_SuarezTrujilloGreeysStephany.docx** Document T3_TallerdeTesis 2_SalazarBidiosJennifer_SuarezTrujilloGreeysStephany.docx (D140678772)	4
W	URL: https://steemit.com/stem-espanol/@lupafilotaxia/macrofitas-acuaticas-invasoras-bioacumulacion-y-remocion-de-metales-pesados Fetched: 2021 11-08 16:38:57	1
SA	**EF_Taller de Tesis 1_Salazar Bidios Jennifer and Suarez Trujillo Greeys.docx** Document EF_Taller de Tesis 1_Salazar Bidios Jennifer and Suarez Trujillo Greeys.docx (D120725789)	1
SA	**Proyecto de Tesis- Claudia Solange Isla Atencio.docx** Document Proyecto de Tesis- Claudia Solange Isla Atencio.docx (D63610287)	1
SA	**Maria Lorena Cadme 2.docx** Document Maria Lorena Cadme 2.docx (D36848726)	3
W	URL: https://sciendo.com/pdf/10.2478/limre-2015-0002 Fetched: 2021 08-29 09:51:29	1
SA	**T2 revision sistematica Malpartida.docx** Document T2 revision sistematica Malpartida.docx (D137909038)	1
W	URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652012000100011 Fetched: 2021-11-08 02:30:47	1
W	URL: https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6017/1/T-UTEQ-0020.pdf Fetched: 2021 08-24 19:36:57	1
SA	**TALLER DE TESIS- T2- LESLIE VICTORIA LOJA COMPLETO.docx** Document TALLER DE TESIS- T2- LESLIE VICTORIA LOJA COMPLETO.docx (D107112000)	1
SA	**MalpartidaFinalTesis.docx** Document MalpartidaFinalTesis.docx (D141968840)	2
SA	**ExamenRevisionFinal_Malpartida Bravo.docx** Document ExamenRevisionFinal_Malpartida Bravo.docx (D141968256)	1
SA	**Bedoya Sierra.docx** Document Bedoya Sierra.docx (D86620639)	1
SA	**EF_TallerDeTesis2_AbarcaChavezGregorioAlfredo_ChavezPerezAngelMartin.docx** Document EF_TallerDeTesis2_AbarcaChavezGregorioAlfredo_ChavezPerezAngelMartin.docx (D141637050)	1

Entire Document

Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental (1)
Resumen

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 02 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: **Josué Alejandro Rivadeneira Sanmiguel**, con C.I. **2200069819**, con el Tema: **"Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas"**, de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, ha sido revisado mediante el sistema anti plagio URKUND, reportando una similitud del **8%,** Informe generado con fecha **02-08-2022** por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas.doc (D142612601)
Submitted	2022-08-02 20:54:00
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	**Calderon_Lesly_Examen Final.docx** Document Calderon_Lesly_Examen Final.docx (D110506498)	2
SA	**T3_TallerdeTesis 2_SalazarBidiosJennifer_SuarezTrujilloGreeysStephany.docx** Document T3_TallerdeTesis 2_SalazarBidiosJennifer_SuarezTrujilloGreeysStephany.docx (D140678772)	4
W	URL: https://steemit.com/stem-espanol/@lupafilotaxia/macrofitas-acuaticas-invasoras-bioacumulacion-y-remocion-de-metales-pesados Fetched: 2021-11-08 16:38:57	1
SA	**EF_Taller de Tesis 1_Salazar Bidios Jennifer and Suarez Trujillo Greeys.docx** Document EF_Taller de Tesis 1_Salazar Bidios Jennifer and Suarez Trujillo Greeys.docx (D120725789)	1
SA	**Proyecto de Tesis- Claudia Solange Isla Atencio.docx** Document Proyecto de Tesis- Claudia Solange Isla Atencio.docx (D63610287)	1
SA	**Maria Lorena Cadme 2.docx** Document Maria Lorena Cadme 2.docx (D36848726)	3
W	URL: https://sciendo.com/pdf/10.2478/limre-2015-0002 Fetched: 2021-08-29 09:51:29	1
SA	**T2 revision sistematica Malpartida.docx** Document T2 revision sistematica Malpartida.docx (D137909038)	1
W	URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-91652012000100011 Fetched: 2021-11-08 02:30:47	1
W	URL: https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6017/1/T-UTEQ-0020.pdf Fetched: 2021-08-24 19:36:57	1
SA	**TALLER DE TESIS- T2- LESLIE VICTORIA LOJA COMPLETO.docx** Document TALLER DE TESIS- T2- LESLIE VICTORIA LOJA COMPLETO.docx (D107112000)	1
SA	**MalpartidaFinalTesis.docx** Document MalpartidaFinalTesis.docx (D141968840)	2
SA	**ExamenRevisionFinal_Malpartida Bravo.docx** Document ExamenRevisionFinal_Malpartida Bravo.docx (D141968256)	1
SA	**Bedoya Sierra.docx** Document Bedoya Sierra.docx (D86620639)	1
SA	**EF_TallerDeTesis2_AbarcaChavezGregorioAlfredo_ChavezPerezAngelMartin.docx** Document EF_TallerDeTesis2_AbarcaChavezGregorioAlfredo_ChavezPerezAngelMartin.docx (D141637050)	1

Entire Document

Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental (1)
Resumen

Análisis bibliográfico de la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas

Pintado Gallegos Sharon Justine [1]
amb2015486@uea.edu.ec

Rivadeneira Sanmiguel Josué Alejandro [1]
amb2016141@uea.edu.ec

Cazares Carrión Karem Yael, M.Sc[2]
kcazares@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida
Carrera de Ingeniería Ambiental (1)

Resumen

La globalización en el planeta ha traído grandes consecuencias para el medio ambiente de nuestro entorno, por lo cual se ha generado una serie de diferentes tipos de contaminación, la más destacada es la contaminación del agua. Para mejorar la calidad del agua se ha creado varios tipos de tratamientos los cuales consisten desde la implementación de una planta de depuración para tratar las aguas contaminadas, hasta crear nuevas alternativas más económicas y sostenibles; por tal motivo, se realizó una recopilación bibliográfica acerca de la eficiencia de las plantas macrófitas más utilizadas en la descontaminación de aguas residuales. Para ello se realizó una búsqueda bibliográfica de diferentes revistas científicas las cuales estuvieron redactadas en los idiomas de español, inglés y portugués. La información que se halló fue de los últimos 17 años, desde el año 2005 hasta el año 2022. Las cuales se las encontró en las distintas bases de datos como: "SciELO", "Dialnet", "Repositorios institucionales de distintas Universidades", "Redalyc.org", "ScienceDirect" "Revistas científicas de Ingeniería y Ciencias", a partir de esta información se generó una matriz comparativa de la eficiencia de cada planta macrófita tomando en cuenta el tipo de especie. Se obtuvo información de la eficiencia de eliminación de contaminantes presentes en las aguas residuales utilizando diferentes plantas macrófitas, además de ello las ventajas y desventajas del uso de estas plantas en un tratamiento de aguas residuales. Se concluyó que la especie *Eichhornia Crassipes* y *Lemna minor* en función a los parámetros de DBO_5, DQO, SS, NT y PT, logran remover un valor total de 95% y 73% correspondientes a cada especie, por ello son las más adecuadas para un tratamiento de aguas residuales urbanas por su elevado potencial como remediadoras de aguas contaminadas.

Palabras Clave: Fitorremediación, especies macrófitas, calidad del agua.

Abstract

Globalization on the planet has brought great consequences for the environment around us, for which a series of different types of pollution have been generated, the most prominent being water pollution. To improve water quality, several types of treatments have been created, which range from the implementation of a purification plant to treat contaminated water, to creating new, more economical and sustainable alternatives; For this reason, a bibliographic compilation was made about the efficiency of the most used macrophyte plants in the decontamination of wastewater. For this, a bibliographic search of different scientific journals was carried out, which were written in the languages of Spanish, English and Portuguese. The information found was from the last 17 years, from 2005 to 2022. Which were found in different databases such as: "SciELO", "Dialnet", "Institutional Repositories of different Universities", "Redalyc.org", "ScienceDirect" "Scientific journals of Engineering and Science", from this information a comparative matrix of the efficiency of each macrophyte plant was generated taking into account the type of species. Information was obtained on the efficiency of removing contaminants present in wastewater using different macrophyte plants, in addition to the advantages and disadvantages of using these plants in wastewater treatment. It was concluded that the species Eichhornia Crassipes and Lemna minor, depending on the parameters of DBO_5, DQO, SS, NT and PT, manage to remove a total value of 95% and 73% corresponding to each species, therefore they are the most suitable for a treatment of urban wastewater due to its high potential as a remedial agent for polluted water.

Keywords*:* Phytoremediation, macrophyte species, water quality.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es una molestia existencial en el mundo, ya que es la fuente hídrica más importante para el correcto desarrollo de la vida. La calidad del agua se ve afectada por diversas fuentes de contaminación ya sea por desechos, compuestos orgánicos, sustancias químicas, sedimentos suspendidos, nutrientes vegetales inorgánicos, entre otros. Los cuales afectan directamente a las aguas de mar, lagos, esteros y ríos (Tejas et al., 2016).

El principal ente generador de la contaminación existente en el agua en primer lugar, es el ser humano que, a través del derrame de desechos, ha incrementado esta problemática, que es cada vez mayor. La contaminación del agua muchas veces ha sido ocasionada accidentalmente como, por ejemplo, es el derrame de petróleo, el cual afecta de manera negativa a la fauna y flora marina, provocando la muerte de peces y otras especies, por lo tanto, son causantes de una modificación del ambiente (Samboni Ruiz et al., 2007).

Existen varios métodos para descontaminar las aguas residuales; uno de ellos es la implementación de una planta de tratamiento, que forma parte de las técnicas tradicionales más utilizadas a nivel mundial, estos son procesos sostenibles y ecológicos que aplican procesos aeróbicos y anaeróbicos basados en el tratamiento de residuos orgánicos y la valoración energética (Naemm et al., 2021).

A pesar que el uso de una planta depuradora de agua proporciona grandes beneficios en cuanto al ambiente, también es un método muy rápido saneando agua residual, pero además presentan algunas desventajas como sus grandes costos en construcción y de mantenimiento de las mismas (Guerrero, 2006).

En muchas partes del mundo, los humedales artificiales han sido utilizados con éxito mediante el uso de plantas macrófitas como una alternativa ecológica para remover nutrientes de las aguas eutrofizadas, convirtiéndola en una alternativa práctica, económica y ambientalmente factible. Debido a que solicita poca mano de obra especializada, también tienen bajos costos de implementación y de mantenimiento, a su vez crea hábitats para la vida silvestre protegiendo de manera directa a la salud y los intereses de los seres humanos (Castañeda Villanueva & Flórez López, 2014).

Por tal motivo, se ha dado paso al desarrollo de otras alternativas, una de las cuales es la fitorremediación o tratamiento vegetativo, que se distingue por ser una práctica estéticamente agradable que utiliza el poder de los macrófitos y la energía del sol para tratar una variedad de contaminantes ambientales, también es uno de los adecuados en cuanto se trata de costos operativos y buen desempeño en el tratamiento o depuración de aguas residuales, al igual, cumple con los siguientes funciones que consiste en suministrar a los microrganismos oxígeno que habitan en la rizosfera y absorber nutrientes. (Camacho & Alvarado, 2012). En este método, las plantas más grandes funcionan como biofiltros o trampas para descomponer los contaminantes y estabilizar los minerales en el agua fijándolos en sus raíces y tallos, el cual es el encargado de dar paso al proceso denominado metabolización (Arias Martines et al., 2010).

Las macrófitas son plantas que viven en ambientes acuáticos, las cuales tienen una característica muy esencial al poder adaptaptarse en el ambiente de una correcta manera. Lo que les permite desarrollarse e incluso reproducirse en condiciones de inundaciones

frecuentes, a parte estas plantas son resistentes a metales pesados. Las especies macrófitas para poder sobrevivir en aguas contaminadas tienen principales estrategias las cuales consisten en la mineralización, la reducción, la disolución, la desintoxicación, la redistribución, la acumulación y exclusión de contaminantes nocivos, por tal motivo de la considera como un sistema que devuelve o libera metales, para prevenir o minimizar los daños ocasionados a la calidad del agua (Ramos Montaño et al., 2013).

Por otra parte, Bolaños Benítez et al., (2008), articularon que los primeros descubrimientos que se hicieron con macrófitos flotantes en el tratamiento de aguas residuales. Tuvieron origen en el año 1970 en el Centro Nacional para el Espacio y la Gestión-centro espacial NASA como un potencial sistema de tratamiento de aguas residuales enfocados en el viaje al espacio.

Por ello se ha dado paso a realizar la valoración de la eficiencia de diferentes plantas como, (*Eichhornia Crassipes, Pistia stratiotes, Typha domingensis, Lemna gibba, Lemna minor, Spirodela polyrrhiza*), las cuales se las reconoce como plantas acuáticas flotantes con más uso para implementación en un tratamiento vegetativo contra las aguas contaminadas (Martelo & Lara Borrero, 2012).

Se desarrolló una investigación bibliográfica documental para encontrar la información necesaria acerca de las plantas macrófitas que son utilizadas en el tratamiento de aguas residuales, además de la realización de una matriz comparativa entre diversas plantas macrófitas en términos de la eficiencia al ser implementadas en los tratamientos de agua residuales urbanas para finalmente analizar los efectos positivos o negativos al ser aplicadas en los procesos de depuración.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La actual investigación residió a partir de un diseño documental y de descubrimiento no empírico con un enfoque cualitativo, realizada a través de una revisión bibliográfica de fuentes primarias como: artículos de investigación científica, libros, tesis y de fuentes secundarias como: artículos de revisión bibliográfica o repositorios de disertaciones, que estén enfocadas en la eficiencia de las especies macrófitas flotantes acuáticas para el tratamiento de aguas residuales urbanas.

La información obtenida se halló en artículos científicos desde los años 2005, 2006,

2007, 2008, 2009, 2010,2011 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 hasta el 2022; redactadas en los idiomas de español, inglés y portugués. Por consiguiente, se analizó el criterio de selección de datos en el cual se verificó que los artículos cuenten con todos los parámetros para una cita precisa, aportando así con la información relevante para la investigación realizada. Por otra parte, se cumplió con cada uno de los objetivos planteados, llevando a cabo un estudio sistemático de la literatura científica publicada durante los últimos 17 años.

Con respecto a la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes para el tratamiento de aguas residuales urbanas se encontró dicha información en la base de datos tanto del lenguaje castellana como inglesa como: "SciELO", "Dialnet", "Repositorios institucionales de distintas universidades", "Redalyc.org", "ScienceDirect", empleando los pertinentes vocabularios en los buscadores de las bases de datos antes mencionadas.

Las palabras claves que coexistieron de beneficio para encontrar la información esperada en el lenguaje inglesa fueron: "macrophytes species", "water treatment", "implementation of macrophyte species", "urban wastewater treatment", "floating macrophytes", "efficiency of macrophyte species", "phytoremediation with floating aquatic species" con su adecuada traducción "especies macrófitas", "tratamiento de agua", "implementación de especies macrófitas", "tratamiento de aguas residuales urbanas", "macrófitas flotantes", "eficiencia de las especies macrófitas", "fitorremediación con especies acuáticas flotantes" y en el lenguaje castellano con sus respectivos nombres científicos de las especies macrófitas acuáticas flotantes "*Eichhornia Crassipes*", "*Pistia stratiotes*", "*Typha domingensis*", "*Lemna gibba*", "*Lemna minor*", "*Spirodela polyrrhiza*".

Tabla 1. Base de datos científicas de la información recolectada

Bases de datos	N.º de documentos
SciELO (FAPESP and BIREME; Brasil)	13
Redalyc (UAEM; México)	4
Repositorio institucional	7
ScienceDirect (Elsevier; Ámsterdam)	4
Dialnet	6

Revistas científicas de Ingeniería y Ciencias	6
Total	40

Fuente: Rivadeneira Josué y Pintado Sharon (2022)

A partir de la información de la Tabla 1, se estableció que los documentos encontrados para el desarrollo de este trabajo de investigación conforman un margen total de 40, entre ellos, proyectos de titulación, artículos científicos, revistas científicas, entre otros. Sus estudios permitieron crear criterios de selección el cual nos permitió dar una información detallada para elaborar esta investigación componiéndolo desde la introducción, metodología, resultados y finalmente las conclusiones.

Se alcanzó una gestión completa de la información en la cual se realizó las lecturas correspondientes a todos los documentos bibliográficos seleccionados, que posteriormente se los agrupó según la información que contienen. Una vez recopilada toda la información necesaria disponible se llevó a cabo una selección de documentos que presentan los aspectos más relevantes del tema de investigación, los cuales son formales o comprobables, como último paso se procedió a sintetizar y analizar la información obtenida la cual fue reflejada en este trabajo con estrictos criterios científicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recopiló información de fuentes secundarias; lo que permitió realizar una comparación de los distintos parámetros fisicoquímicos, los cuales fueron descritos por diferentes autores, incluyendo la información necesaria para establecer qué tipos de plantas macrófitas es recomendable utilizar para obtener una buena eficiencia en el tratamiento de aguas residuales urbanas. Los parámetros que se identificaron son: DBO_5 (Demanda bioquímica de oxígeno), DQO (Demanda química de oxígeno), NT (Nitrógeno Total), NO (Monóxido de nitrógeno), STD (Sólidos totales disueltos), OD (Oxígeno disuelto), PO_4 (Fosfatos).

Tabla 2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos que intervienen en los procesos depurativos de las especies macrófitas estudiados por diferentes autores

Investigadores	Parámetros	Tipos de especies

		macrófitas
(Sánchez Morales & Coral Caldas, 2009)	DBO_5, DQO, OD, coliformes fecales, nitritos, NT, fósforo total	*Lemna gibba*
(Mendoza et al., 2018)	DBO, nitritos, fosfatos	*Pistia stratiotes* *Eichhornia Crassipes*
(Torres Torres, 2019)	Conductividad, STD, OD, turbiedad, DBO_5, DQO, amonio, coliformes fecales	*Lemna minor*
(Rodríguez R et al., 2006)	DBO5, DQO, NO, PO_4 y sólidos totales	*Eichhornia Crassipes* *Typha domingensis*
(Contreras Prada & Herrera Humpire, 2020)	Nitritos, nitratos y fosfatos	*Eichhornia Crassipes* *Spirodela polyrrhiza*

Fuente: Rivadeneira Josué y Pintado Sharon (2022)

Según Sánchez Morales & Coral Caldas (2009), mencionaron que cuando se implementó en su estudio realizado la planta lenteja de agua (*Lemna minor)* para tratar las aguas residuales, los indicadores de contaminación que mostraron diferencias significativas en los tratamientos de remoción de humedales fueron: DQO, DBO_5, CT (Coliformes totales), OD, PT (fósforo total), NTK (Nitrógeno total Kjeldahl) y por tal motivo se logró observar reducciones, que no resultaron estadísticamente significativas, para el amonio. Mientras tanto, los autores Mendoza et al., (2018), indicaron que la fitorremediación con macrófitos ha alcanzado aceptaciones en la reducción de DBO_5, nitritos y fosfatos, mediante el uso de *Pistia stratiotes* y *Eichhornia Crassipes*. Desde otro punto de vista, los autores Hidalgo et al., (2010), describieron que en temporadas de lluvias se encuentra una concentración de contaminantes menor en el agua, debido a la mezcla de las aguas de lluvias con las residuales.

Según Pérez & López (2009), mencionan en su estudio realizado acerca de la "Tolerancia de macrófitas a aguas residuales domésticas y su eficiencia en humedales en condiciones de invernadero", los cuales clasificaron las especies en acuáticas y semiacuáticas de ríos donde el clima es de 30º C a 35º C, en consideración a su contenido de oxígeno disuelto, fosfatos solubles, nitrato, amoniaco, coliformes fecales, sólidos

suspendidos totales y valores en pH y conductividad eléctrica. Sin embargo, el autor Torres Torres (2019), realizó su estudio de macrófitos en lugares donde el clima es más variado estableciendo que los parámetros para el correcto análisis de la calidad de agua son los siguientes: pH, conductividad, OD, turbiedad, DBO_5, DQO, coliformes fecales, mediante el uso de las especies *Lemna minor*, los mismos que influyen en el tratamiento de las aguas residuales utilizando las plantas macrófitos anteriormente mencionadas.

De la misma manera, en base a la bibliografía disponible de Contreras Prada & Herrera Humpire (2020), que hablan sobre la remoción de los parámetros de nitritos, nitratos y fosfatos, describieron que estos están en menor cantidad si se utiliza la planta *Spirodela polyrrhiza.* Por otra parte, los investigadores Mendoza et al., (2018), hacen hincapié que, si realiza una combinación entre las especies *Eichhornia Crassipes* con *Spirodela polyrrhiza*, se lograra observar una elevada eficiencia de las especies al remediar aguas contaminadas, mejorando así de manera más rápida la calidad de los afluentes tratados.

Por medio del procedimiento de recolección de información se logró obtener los porcentajes de los distintos parámetros de la calidad del agua, los cuales fueron de gran utilidad para llegar a conocer la eficiencia de las especies macrófitas flotantes al momento de remover contaminantes presentes en las aguas residuales urbanas. Los mismos que se especifican posteriormente.

Tabla 3. Porcentajes de los parámetros de la eficiencia de la eliminación de contaminantes de diferentes macrófitas flotantes acuáticas

Plantas macrófitas	DBO_5	DQO	SS	N-Total	P-Total	Referencias
Eichhornia Crassipes	37-95	72-90	21-92	72-91	42-98	(Martelo & Lara Borrero, 2012)
Pistia stratiotes	57-91	70-93	80	51-87	25-64	
Lemna minor	94	74-94	85	89	67	
Lemna gibba	50-95	64	75	81	62	

Spirodela polyrrhiza	88	72	74	42-87	69-71	
Typha domingensis	93	96	99	45	60	(Muñoz Tello & Vásquez Pérez, 2020)

Fuente: Rivadeneira Josué y Pintado Sharon (2022)

En base a la información que se presentó en la Tabla 3, los autores Martelo y Lara Borrero (2012), mencionan que la planta *Eichhornia Crassipes* es la especie más interesante teniendo en cuenta las características mostradas anteriormente, esto se debe a que logró disminuciones de DBO_5, DQO, SS (sólidos suspendidos), NT y PT, con porcentajes muy elevados. Por otra parte, Mendoza, Pérez y Galindo (2018), en su estudio realizado afirman que la especie *Eichhornia Crassipes* es una planta altamente eficiente para depurar aguas contaminadas, pero a su vez ambos autores señalaron que la planta *Lemna minor*, también es muy eficiente al tener un elevado porcentaje de eliminación de contaminantes como metales pesados logrando así mejorar la calidad del agua.

Por las razones antes mencionadas, se determinó que las plantas macrófitas ejercen una depuración directa en la absorción de los contaminantes presentes en las aguas contaminadas; por tal motivo al implementar las especies macrófitas flotantes para tratar las aguas residuales urbanas muestran una eficiencia de eliminación notablemente alta en todos los componentes analizados en la Tabla 3.

En conformidad con la información recopilada para este artículo científico, se efectuó un análisis acerca de las ventajas y desventajas de cada una de las plantas macrófitas acuáticas flotantes las cuales fueron expuestas por varios autores, la información se reflejó en la posterior tabla.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de las especies macrófitas acuáticas flotantes

Especies macrófitas	Ventajas	Desventajas	Referencias
Eichhornia Crassipes	Inhibe en el desarrollo de fitoplancton y otras plantas sumergidas en los ecosistemas	Es capaz de lograr que se efectuar una eutrofización.	(Quispe Baldeón et al., 2017)

	acuáticos.		
Pistia stratiotes	Tiene un alto índice de crecimiento u un elevado rendimiento de biomasa.	Forman grandes colonias flotantes las cuales pueden ser destructivas si no se las logra controlar.	(Mustafa & Hayder, 2021), (Nahar & Hoque, 2021)
Lemna minor	Es bastante eficaz en la eliminación de ortofosfatos.	Debido a su acelerado crecimiento, muchas veces llegan a invadir lagunas, represas, entre otros afluentes. Promoviendo la eutrofización y crea ambientes propicios para el habitad de mosquitos.	(Arroyave, 2004)
Lemna gibba	Eliminan metales pesados y pueden sobrevivir en las aguas que tienen cantidades relativamente muy altas en aluminio, zinc y hiero.	Cuando hay bajas concentraciones de cromo y cobre se ve siempre afectado el rendimiento de la planta en un sistema depurativo de aguas contaminadas.	(Maine et al., 2006)
Typha domingensis	Pueden ser utilizadas como un material dominante o bioabsorbente el cual es muy eficiente y otorga una buena disposición final de sus residuos.	Cuando hay presencia de concentraciones de metales pesados con un rango de 500mg/L y ya sean combinados o por separado la planta tiende a tener un déficit en la remoción de mencionados contaminantes y	(Hadad et al., 2010)

		deja de acumularlos.	
Spirodela polyrrhiza	Ayudan a optimizar la eficiencia de remoción y eliminación de contaminantes presentes en las aguas grises y tienden a bioacumular los fosfatos y nitratos con ayuda de sus hojas y tallos, lo que las convierte ideal para tratamientos de fitorremediación.	No es muy óptima para reducir en cierta parte los nitratos por ella misma, por lo que se debe combinar con la especie Eichhornia Crassipes, para realizar una remoción efectiva de nitratos y eso generaría un gasto más elevado.	(Bres et al., 2012)

Fuente: Rivadeneira Josué y Pintado Sharon (2022)

En la anterior tabla se procedió a dar a conocer las ventajas y desventajas de cada una de las especies macrófitas, donde se logró observar que la especie con la mejor ventaja es la *Eichhornia Crassipes*, porque ayudan al buen crecimiento y desarrollo de fitoplancton, el cual también ayuda positivamente en mejorar la calidad del agua, por otra parte, una de sus principales desventajas es que puede dar paso al proceso de eutrofización por su acelerado crecimiento afectando negativamente a la calidad de los recursos hídricos.

Por consiguiente, los investigadores Hadad et al., (2010), mencionaron que la desventaja más destacable de la *Typha domingensis*, es que al momento de encontrarse expuesta a una concentración de 500 mg/L de metales pesados, dejan de cumplir con su función de bioacumular para no causar daños en su sistema. Por otro lado, el autor Ohtake (1990), describió que la *Typha domingensis* deja de acumular una concentración de 600mg/L de metales disueltos en las aguas, por ello es importante destacar que con ayuda y el buen cuidado que se dé a las plantas pueden llegar absorber más metales existentes en el agua.

En lo citado por Dolphen y Thiravetyan (2015), se hablaron de la eficiencia que tiene la *Spirodela polyrrhiza* si es aplicada de manera independiente. Por otra parte, los

autores Bres et al., (2012), según su estudio realizado comentaron que para que se pueda aprovechar totalmente las ventajas de la especie *Spirodela polyrrhiza* se la tiene que combinar con la especie *Eichhornia Crassipes*, lo cual hace que su costo por implantación sea más alto, creando una desventaja de las especies macrófitas antes mencionadas. En el caso de la planta *Lemna gibba*, mencionaron que esta especie puede sobrevivir a una concentración muy elevada de metales, a su vez los mismos autores argumentaron que la planta sirve como alimento para los animales una vez culminado su ciclo como remediadora de aguas contaminadas.

Después de que se analizó las ventajas y desventajas de utilizar las especies macrófitas en un sistema depurativo de aguas contaminadas; los investigadores Arenas et al., (2011), mencionaron en su estudio de manera general que los macrófitos acuáticos tiene un inconveniente el cual esta enfaocado en que se las puede considerar como plagas; esto se debe a que tienen tendencia a crecer rápidamente y pueden causar diversos problemas, pero a su vez comentaron que las especies acuáticas tienen grandes efectos positivos si con controladas de manera adecuada.

Las plantas macrófitas también cuentan con la capacidad de absorber nutrientes y bioacumular muchos compuestos nocivos presentes en el agua lo que las convierte en una indispensable herramienta para la depuración de aguas residuales. Asimismo, hicieron hincapié que la especie *Lemna minor* tiene una elevada capacidad de absorción de metales pesados incluyendo el mercurio por eso en la actualidad se las sigue analizando como posible solución para eliminar el mercurio presente en ríos, esteros y lagos.

Desde otra perspectiva, los autores Martelo & Lara Borrero (2012), aseguraron que al utilizar las especies antes mencionadas en un proceso de depuramiento secundario y terciario de aguas residuales demostró ser factible al ser eficaces en la eliminación de materia orgánica, así como metales pesados y la capacidad anabólica de los macrófitos acuáticos de controlar hasta cierto punto los componentes presentes en las aguas residuales. Pese a los efectos positivos que tienen, también mencionan que cuentan con una desventaja al crear un hábitat para los mosquitos, los cuales son considerados como vectores.

Por lo tanto, el tratamiento de aguas residuales urbanas con ayuda de las plantas macrófitas son muy factible y sobre todo por su accesibilidad para poder implementarse en

lugares que no cuenten con una planta de tratamiento de aguas residuales por su elevado costo en construcción y mantenimiento. Por las razones expuesta anteriormente se considera a las especies macrófitas como una alternativa sana para el ambiente porque se adaptan a distintos ecosistemas y son una técnica económica para obtener una buena calidad del agua.

4. CONCLUSIONES

A raíz del análisis bibliográfico enfocado a determinar la eficiencia de las especies macrófitas acuáticas flotantes, se determinó que la especie *Typha domingensis* elimina un 96% de DQO y un 99% de solidos suspendidos, a diferencia de las demás especies, mientras que la planta *Pistia stratiotes* presentan un alto porcentaje en remoción de nitratos con un valor del 87%, por ultimo la planta *Spirodela polyrrhiza* remueve fosfatos con un valor del 71%. Por ello, en base a lo expuesto anteriormente se determino que al implementar las especies macrófitas acuáticas flotantes en los tratamientos de aguas residuales urbanas se logrará realizar una gran eficiencia de remoción de distintos contaminantes cuya presencia afecta a la calidad del agua.

Por otra parte, se examinó cada uno de los distintos parámetros que intervienen en la calidad del agua como: DBO_5, DQO, SS, N-Total y F-Total. Lo que conllevó a la conclusión que la planta *Lemna gibba* cuenta con un porcentaje de remoción de DBO_5 del 95%, cuyo porcentaje es bastante elevado a comparación de las demás especies estudiadas en esta revisión bibliográfica. Después de realizar un análisis detallado de los porcentajes en los parámetros de la calidad del agua, las especies macrófitas con mayores porcentajes de remoción en función a los parámetros químicos, físicos y biológicos fueron: *Eichhornia Crassipes* con un valor del 95% y *Lemna minor* con un valor del 73% en función al DBO_5, DQO, SS, NT y PT, en los tratamientos extensivos por humedales artificiales, esto se debe a que ambas especies disponen de un elevado potencial como remediadoras de aguas contaminadas.

Para culminar se analizó la matriz comparativa de los efectos positivos y negativos de las plantas macrófitas, por lo que se concluyó que la especie *Typha domingensis,* cuenta con ventajas superiores que las demás plantas, porque remueve con más eficiencia los contaminantes que existe en las aguas residuales domésticas. Con respecto a los efectos negativos se logró determinar que la especie *Lemna minor* puede causar eutrofización en

las aguas tratadas, en tales circunstancias de que no se le diera un mantenimiento adecuado al momento de implementarla en los tratamientos de aguas residuales urbanas.

5. REFERENCIAS

Arcila, A., & Juliana, E. (2014). *Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas*.

Arenas, A. D., Parra, L. M. M., Sierralta, G. T., Mohedano, Á. F., & Rodríguez, J. J. (2011). Evaluación de la planta Lemna Minor como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. *Avances en ciencias e ingeniería*, *2*(3), 1–11. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3751198

Arias Martines, S. A., Betancur Toro, F. M., Gómez Rojas, G., Salazar Giraldo, J. P., & Hernández Ángel, M. L. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *dialnet*, *74*, 12–22.

Avendaño-Leadem, D. F. (2016). Identificación de tipologías de asentamiento para el diseño de tratamiento descentralizado de aguas residuales. Caso de estudio: San Isidro de Heredia - Costa Rica. *Revista geográfica de América Central*, *1*(56), 183.

Bolaños Benítez, S. V., Casas Zapata, J. C., & Aguirre Ramírez, N. J. (2008). Análisis comparativo de la remoción de un sustrato orgánico por las macrófitas pistia stratiotes y Egeria densa en un sistema bach. *Redalyc*, *11*(2), 39–48.

Bres, P., Crespo, D., Rizzo, P., & La Rossa, R. (2012). Capacidad de las macrófitas Lemna minor y Eichhornia crassipes para eliminar el níquel RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias Redalyc*, *38*(2), 153–157.

Camacho, K., & Alvarado, A. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *redalyc*, 21. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005

Castañeda Villanueva, A. A., & Flores López, H. E. (2014). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. *Dialnet*, *4*(7). https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5815442

Crites, R. (2006). *Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales; Edgar de los Gallardos*.

Contreras Prada, X. C., & Herrera Humpire, J. A. (2020). Disminución de contaminantes de las aguas grises utilizando Spirodela polyrhiza y Eichhornia crassipes en la urb. Las Flores- San Juan de Lurigancho. *Facultad de ingeniería y arquitectura escuela profesional de ingeniería ambiental.*, 5–11.

Epelde, L., Becerril, J. M., Alkorta, I., & Garbisu, C. (2009). Heavy Metal

Phytoremediation: Microbial Indicators of Soil Health for the Assessment of Remediation Efficiency. *repositorio*, *17*.

Fontanier, V., Baig, S., Albert, J., & Molinier, J. (2005). Comparison of conventional and catalytic ozonation for the treatment of pulp mill wastewater. *Environmental Engineering Science.*, *22*(2), 127-137.

Frers, C. (2008). El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. *Observatorio Medioambiental*, 301-305. https://doi.org/10.1038/35079573

Gabriela, A. (2008). Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias. *Accelerating the world's research.*

Guadarrama Tejas, R., Kido Miranda, J., Roldan atunez, G., & Salas Salgado, M. (2016). Contaminacion del agua. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, *2*(5), 1–10.

Guerrero, J. (2006). Costs Model for the Treatment of Wastewater in the Coffee Region. *Dialnet*, *37*, 6.

Hadad, H. R., Mufarregue, M. M., Pinciroli, M., Di luca, G. A., & Maine, M. A. (2010). *Morphological response of Typha domingensis to an industrial effluent containing heavy metals in a constructed wetland*.

Leopoldo, P. R. (2008). Aspectos hidrológicos da região de Botucatu. Botucatu, Anais... Botucatu. *Encontro de estudos sobre agropecuária na região de Botucatu*, 57–70.

Lone, M. I., He, Z.-L., Stoffella, P. J., & Yang, X.-E. (2008). Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: progresses and perspectives. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, *9*(3), 210–220. https://doi.org/10.1631/jzus.B0710633

Maine, M. A., Duarte, M. V., & Suñé, N. L. (2006). *Cadmium up take by floating macrophytes*. Water Res.

Martelo, J., & Lara Borrero, J. L. B. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, *8*(15), 221–243.

Mendoza, Y. I., I. Pérez, J., & Galindo, A. A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *CIT Informacion Tecnologica*, *29*(2), 205–214. https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200205

Mendoza, Y. I., Pérez, J. I., & Galindo, A. A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *Scielo*, *29*. https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n2/0718-0764-infotec-29-02-00205.pdf

Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, *2*(2), 8–25.

Muñoz Tello, K. M., & Vasquez Perez, M. (2020). *Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas*. Universidad Privada del Norte.

Mustafa, H. M., & Hayder, G. (2021). Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. *Ain Shams Engineering Journal*, *12*(1), 355–365.

Naeem, M., Fortaleza, V. C., Serra, P. L. C., Lima, C. L., Costa, T. H. C., Sousa, R. R. M., Díaz-Guillén, J. C., & Mancillas Salas, S. (2021). Synthesis of molybdenum oxide on AISI-316 steel using cathodic cage plasma deposition at cathodic and floating potential. *sciencedirect*, *406*, 126650. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126650.

Nahar, K., & Hoque, S. (2021). Phytoremediation to improve eutrophic ecosystem by the floating aquatic macrophyte, water lettuce (Pistia stratiotes L.) at lab scale. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, *47*(2), 231–237. https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.05.003

Orozco, C., Pérez, A., Gonzáles, M. N., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2005). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química tercera edición*. Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S.A.

Pacheco Ávila, J., & Cabrera Sansores, A. F. (2005). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas Ingeniería, *Universidad Autónoma de Yucatán Mérida, México*, *7*(2), 47–54.

Pérez, & López. (2009). Tolerancia de macrófitas acuáticas a aguas residuales domésticas y su eficiencia en humedales artificiales en condiciones de invernadero. *Scielo*, *19*(3), 233–244.

Rand, M. C., Greemberg, A. G., & Taraj, M. J. (2008). *Standard methods for examination of water and wastewater*. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation 18ed.

Quispe Baldeón, L., Arias Chávez, J. B., Martínez Suarez, C. F., & Cruz Huaranga, M. (2017). Eficiencia de la especie macrófita Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adopción al medio en una laguna experimental. *Revista de Investigación Ciencia Tecnología y Desarrollo*, *3*(1). https://doi.org/10.17162/rictd.v3i1.650

Ramos Montaño, C., Milena, C. N., & Herrera Martínez, Y. (2013). Characterization of the Community of Aquatic Macrophytes in Lakes of La Russia Paramo (Boyacá-Colombia). *Scielo*, *4*(2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882013000200009

Rodríguez R, L. F., Ortiz Muñoz, Y. D., Navarro Chaparro, H., Espinosa García, H., & Hernández Montaña, V. (2006). Ensayos de eficiencia con macrófitas para la remoción de carga contaminante en aguas residuales de hatos lecheros para un subsector de la Laguna de Fúquene. *Centro de investigaciones y desarrollo científico*. https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/341/508

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. *Scielo*, *27*(3), 10.

Sànchez Morales, R., & Coral Caldas, Y. M. (2009). Evaluación del tratamiento de aguas residuales con Lemna gibba en estanques con régimen de flujo de pistón. *Afinidad LXVI*, *4*(7), 240.

Tejas, G., Miranda, K., Antúnez, R., & Salgado, S. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, *2*(5), 36. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf

Torres Torres, A. G. (2019). *Tratamiento de Aguas Residuales Doméstica mediante sistemas de depuración con macrófitas (Lemna minor y Eleacharis palustris) en la universidad de Ucayali*. http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2394

Torres, P., Cruz, H., & Patiño, P. J. (2009). Ter quality index in surface sources used in water production for human consumption. A critical review. (U. d. Medellín, Ed.). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *9*(15), 79–94.

ANEXOS

6. MARCO TEÓRICO

El recurso más indispensable de nuestro planeta es el agua, el cual ayuda al desarrollo de todos los seres vivos. La principal causa de la contaminación del agua es ocasionada de manera antropogénica, debido a que el ser humano ha estado evolucionando a través de los años lo cual ha traído como consecuencia el incremento de las necesidades de cada persona.

Por ello, se ha dado paso a la creación de industrias que tienen como objetivo la extracción de recursos naturales y de petróleo. Los cuales de manera involuntaria o por mal manejo de los operadores han presentado fugas o derrames de sus oleoductos los cuales han contaminado de manera muy grave los ríos, mares, lagunas, entre otros.

Por tal motivo, varios investigadores científicos han realizado estudios acerca de varios métodos que ayudan a preservar y sanear el agua para el consumo humano. Uno de los métodos existentes para combatir esta problemática son las plantas de tratamiento de aguas residuales, que son consideradas como tradicionales.

En la actualidad nuevas investigaciones han propuesto el uso de especies macrófitas acuáticas flotantes como una alternativa ecológica para ayudar a descontaminar las aguas residuales urbanas. Por otra parte, con la ayuda de la implementación de las plantas macrófitas flotantes en un sistema de depuración de aguas contaminadas han demostrado tener una alta eficiencia para eliminar los metales pesados, el mercurio y otros contaminantes nocivos presentes en el agua (Martelo & Lara Borrero, 2012).

Para una mejor comprensión del articulo científico se realizó el siguiente glosario de términos que tiene como fin ayudar a los lectores a tener un mayor conocimiento sobre el tema tratado.

6.1 Contaminación del agua

La contaminación del agua se entiende como el acto de poner una sustancia nociva en el agua cual cambia su calidad y composición química. Según la

organización mundial para la salud del agua contaminada es “cuando se haya modificado su composición y no reúna requisitos para su previo uso que se hubiera destinada su estaco natural (Guadarrama Tejas et al., 2016).

6.2 Aguas residuales

Las aguas residuales suelen estar siempre compuestas de todas aguas residuales generadas por diversas actividades humanas, las cuales con descargadas sin tratamiento a varios afluentes produciendo varios efectos negativos sobre el medio ambiente y a su vez afectando a la salud humana. Por lo tanto, es indispensable buscar posibles alternativas preventivas a través de varios tipos de tratamiento de aguas residuales (Muñoz Tello & Vásquez Pérez, 2020).

Según Meoño et al., (2015), mencionan que para un buen tratamiento de aguas residuales se producen por uso doméstico, industrial, agrícola, entre otros. Por otra parte, Avendaño (2016), define que las aguas residuales domesticas viene de procedencia de las lavanderías, cocinas, entre otras procedencias del hogar. Para luego sean vertidos a los sistemas de aguas residuales para obtener aguas negras y no lograr un tratamiento para aguas de río. Finalmente, las aguas residuales son aquellas que se caracterizan por su composición física, química y biológica, las cuales de dividen según su procedencia sean urbanas o domésticas, mencionadas aguas no cumplen los estándares de calidad de agua para consumo humano, pero si pueden ser tratadas (Gabriela, 2008).

6.3 Tratamiento biológico

Se encarga de la eliminación de la materia orgánica soluble biodegradable presente en los afluentes, al convertirla en una mayor masa de microorganismos y productos residuales. Para asegurar el crecimiento y producción de los microorganismos, se debe contar con un tiempo de residencia del sistema y condiciones óptimas de funcionamiento. Se dividen en lo que en la actualizad se conoce como tratamientos anaeróbicos y aérobicos (Fontanier et al., 2005).

6.4 Fitorremediación

Es un proceso natural que incluye el uso de sistemas bilógicos capaz de eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos de un medio determinado, con la capacidad de aprovechar los compuestos de su entorno y transformar (Epelde et al., 2009). Los autores Lone et al., (2008), definen que la fitorremediación o biorremediación con el uso de plantas son útiles para la descontaminación del suelo, agua y el aire.

Por otra parte, se las conoce como una nueva tecnología en las cuales tienen la capacidad de remover contaminantes orgánicos e inorgánicos de los factores abióticos antes mencionados. Por ende, hay que tener en cuenta que cada especie tiene la capacidad de acumular distintos contaminantes como: metales pesados, mercurio, captación de iones, entre otros. Por otra parte, la capacidad de absorción de las plantas depende de las características genéticas, morfológicas, fisiológicas y anatómicas de cada especie.

6.5 Especies macrófitas

Las plantas macrófitas contribuyen a la productividad y funcionamiento en los sistemas acuáticos, a parte de estas que fueron mencionadas tiene una gran capacidad de adaptarse en ambientes que estén contaminados (Frers, 2008). Por otra parte, Arcila & Juliana (2014), comentaron que en el pasado las especies macrófitas acuáticas se las definía como plagas porque cuentan con un rápido desarrollo ocasionando así problemas en los afluentes y provocando dificultades en los ecosistemas acuáticos al no permitir la penetración de la luz solar.

Sin embargo, se pueden convertir en una herramienta útil para el tratamiento de aguas residuales urbanas debido a que cuentan con una gran capacidad para absorber nutrientes y bioacumular otros compuestos presentes en el agua.

6.6 Índices de calidad del agua

Es una herramienta que ayuda a evaluar un recurso hídrico que es fundamental en procesos decisorios de políticas públicas y también seguimiento de sus impactos, también se define a ICA como expresiones que combinan un complejo de parámetros para verificar la calidad de todos los afluentes (Torres et al., 2009).

6.7 Parámetros químicos

Brindan información detallada sobre la naturaleza de las especies químicas presentes en el agua, sin brindar información sobre los posibles efectos que estas generen en la vida acuática, los métodos bilógicos también brindan esta información, pero nuevamente no dicen nada sobre los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan el uso de ambos en las evaluaciones de recursos hídricos (Orozco et al., 2005).

6.7.1 DQO

Demanda química de oxigeno para el agua, es la cantidad de oxigeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica en CO_2 y H_2O. por otra parte, cuanto más alta es la DQO, más contaminada está el agua. La DQO es una prueba que solo toma alrededor de tres horas, polo que los resultados se pueden obtener en mucho menos tiempo del que requeriría una prueba de DBO_5 (Leopoldo, 2008).

6.7.2 DBO_5

Es la demanda bioquímica de oxígeno o conocida también como la demanda bilógica del oxígeno que contienen el agua, a su vez es la cantidad de oxigeno consumida por microorganismos, especialmente bacterias las cuales utilizan aire y no utilizan aire como plancton y hongos. Durante el deterioro de la materia orgánica en la muestra y se la utiliza para medir el grado de contaminación (Rand et al., 2008).

6.7.3 Sólidos en suspensión

Son partículas solidas de tamaño super pequeñas que permanecen en suspensión en las aguas debido al movimiento que estas ejercen. Una gran parte de estos esta formada por una parte de materia orgánica, microorganismos o algas que pon degradados hasta transformarse en estado gaseoso (Crites, 2006).

6.8 Nitratos

Son iones formados de 3 átomos de oxígeno, 1 de nitrógeno y con una carga negativa, la incrementación del uso de fertilizantes significa que mas nitratos son arrastrados a ríos y varios afluentes. Esto puede conducir a la eutrofización, lo que puede causar muchos problemas para el medio ambiente marino (Pacheco Ávila &

Cabrera Sansores, 2005).

6.9 Mercurio

Es un elemento metálico que puede causar problemas a la salud y medio ambiente, por otra parte, se dice que el mercurio esta siempre presente en los afluentes. El mercurio es dañino para la salud animal, también puede causar envenenamiento y a su vez enfermedades mortales para todos los seres vives afectando así a la vida existentes en todos los ecosistemas (Guadarrama Tejas et al., 2016).