



Revisión bibliográfica: uso de especies vegetales como biopurificadoras del recurso hídrico

Bibliographic review: use of plant species as biopurifiers of water resources

Revisão bibliográfica: uso de espécies vegetais como biopurificadoras de recursos hídricos

Martha Marisol Vasco Lucio ^I
martha1995vasco@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1377-7305>

Guicela Margoth Ati Cutiupala ^{II}
guicela.ati@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9779-2758>

Edmundo Danilo Guilcapi Pacheco ^{III}
eguilcapi@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2876-4702>

David Francisco Lara Vásconez ^{IV}
davidlaravasconez@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-3982-3069>

Correspondencia: martha1995vasco@hotmail.com

Ciencias Técnica y Aplicadas
Artículo de Revisión

* **Recibido:** 23 de marzo de 2023 * **Aceptado:** 12 de abril de 2023 * **Publicado:** 05 de mayo de 2023

- I. Ingeniera Forestal, Investigadora Independiente, Ecuador.
- II. Ingeniera en Ecoturismo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- III. Ingeniero Agrónomo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Ecuador.
- IV. Ingeniero Forestal, Investigador Independiente, Ecuador.

Resumen

El uso de especies vegetales biopurificadoras representa una alternativa realmente eficaz y beneficiosa para la remoción y eliminación de los contaminantes presentes en el agua, que son el resultado de actividades antrópicas desarrolladas por las grandes industrias a nivel mundial, por lo que se ha visto nuevas opciones de origen natural para contrarrestar el cambio climático que es consecuencia de la sobreexplotación de los recursos naturales. Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo la recopilación de información a través del desarrollo de la revisión bibliográfica acerca de la vegetación que funciona como biopurificador del agua residual o contaminada, dentro del cual se ha recopilado estudios e investigaciones realizadas por varios autores que muestran la gran importancia del uso y establecimiento de biofiltros mediante especies vegetales de las cuales se debe conocer las características de cada una, por lo que dentro de la revisión se determinó que las especies más utilizadas son las macrófitas acuáticas debido a la gran capacidad de remoción de contaminantes que poseen, en donde se evidenció la eficacia de estas especies en la disminución de la carga bacteriana, metales pesados, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, nitritos, nitratos entre otros, por lo tanto a través de estos tratamientos de purificación de agua, este recurso puede ser reutilizado en otras actividades. Sin embargo, para la implementación de estos sistemas de biopurificación de agua es indispensable conocer los contaminantes presentes en la zona y las características específicas de las especies vegetales nativas para realizar la selección de especies y colocación adecuada de las mismas. Es fundamental el desarrollo de nuevas investigaciones y tecnologías enfocadas en la recuperación y conservación de los recursos hídricos mediante técnicas o alternativas naturales y de bajo costo en el mantenimiento de estas, fortaleciendo el equilibrio natural del ambiente y la protección de los recursos naturales.

Palabras Clave: Biopurificadores; Biofiltros; Recurso Hídrico; Vegetación; Humedales.

Abstract

The use of biopurifying plant species represents a truly effective and beneficial alternative for the removal and elimination of contaminants present in the water, which are the result of anthropic activities developed by large industries worldwide, for which new options have been seen. of natural origin to counteract climate change that is a consequence of the overexploitation of natural resources. Therefore, the present investigation had as objective the collection of information

through the development of the bibliographic review about the vegetation that works as a biopurifier of residual or contaminated water, within which studies and investigations carried out by several authors have been compiled that show the great importance of the use and establishment of biofilters through plant species of which the characteristics of each one must be known, for which reason within the review it was determined that the most used species are aquatic macrophytes due to the great capacity of removal of contaminants that they possess, where the effectiveness of these species in the reduction of the bacterial load, heavy metals, biochemical oxygen demand, total suspended solids, nitrites, nitrates among others was evidenced, therefore through these purification treatments of water, this resource can be reused in other activities. However, for the implementation of these water biopurification systems it is essential to know the contaminants present in the area and the specific characteristics of the native plant species to carry out the selection of species and their proper placement. It is essential to develop new research and technologies focused on the recovery and conservation of water resources through natural and low-cost techniques or alternatives in their maintenance, strengthening the natural balance of the environment and the protection of natural resources.

Keywords: Biopurifiers; biofilters; Hidric resource; Vegetation; wetlands.

Resumo

A utilização de espécies vegetais biopurificadoras representa uma alternativa verdadeiramente eficaz e benéfica para a remoção e eliminação dos contaminantes presentes na água, resultantes das atividades antrópicas desenvolvidas por grandes indústrias em todo o mundo, para as quais têm sido vistas novas opções. combater a mudança climática que é uma consequência da superexploração dos recursos naturais. Portanto, a presente investigação teve como objetivo a coleta de informações através do desenvolvimento da revisão bibliográfica sobre a vegetação que funciona como biopurificadora de águas residuais ou contaminadas, dentro da qual foram compilados estudos e investigações realizados por vários autores que mostram o grande importância do uso e estabelecimento de biofiltros através de espécies vegetais das quais as características de cada uma devem ser conhecidas, razão pela qual dentro da revisão foi determinado que as espécies mais utilizadas são macrófitas aquáticas devido à grande capacidade de remoção de contaminantes que eles possuem, onde foi evidenciada a eficácia destas espécies na redução da carga bacteriana, metais pesados, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais em

suspensão, nitritos, nitratos entre outros, pois através destes tratamentos de purificação de água, este recurso pode ser reaproveitado em outras Atividades. No entanto, para a implantação desses sistemas de biopurificação de água é fundamental conhecer os contaminantes presentes na área e as características específicas das espécies vegetais nativas para realizar a seleção das espécies e sua correta colocação. É fundamental o desenvolvimento de novas pesquisas e tecnologias voltadas para a recuperação e conservação dos recursos hídricos por meio de técnicas ou alternativas naturais e de baixo custo em sua manutenção, fortalecendo o equilíbrio natural do meio ambiente e a proteção dos recursos naturais.

Palavras-chave: Biopurificadores; biofiltros; Recurso hídrico; Vegetação; zonas úmidas.

Introducción

La contaminación y el deterioro de las aguas dulces deriva en un problema bastante conocido por su gravedad por lo que los sistemas tradicionales de depuración de aguas residuales permite el tratamiento de caudales elevados pero el costo de inversión y mantenimiento resulta alto, es así que se ha determinado alternativas como el desarrollo de sistemas naturales de tratamiento de agua con el uso de especies vegetales acuáticas que reducen el costo de mantenimiento de los mismos (Martin, 1989).

Alrededor del mundo los recursos hídricos se han ido agotando debido a las actividades antrópicas, sin embargo, en la última década la sociedad se ha concientizado acerca de la falta de gestión en la protección del agua, se ha evidenciado que las prácticas adecuadas no reciben la atención necesaria por parte de los gobiernos estatales. El avance de las actividades humanas como el crecimiento urbanístico, el nivel de vida, uso y aprovechamiento del agua, e indudablemente el incremento de la contaminación ha desencadenado el cambio climático, el desarrollo económico de los países se ha visto en descenso debido al uso insostenible de los recursos hídricos primordialmente por la mala calidad del agua, que afecta principalmente la salud de la población y repercute en su calidad de vida. La contaminación provoca el deterioro de los recursos hídricos y, por ende, de sus ecosistemas acuáticos, en donde se observa como principales contaminantes a la materia orgánica y organismos patógenos que están presentes en aguas residuales, fertilizantes y pesticidas originados por las actividades agrícolas del sector (Mamani, 1991).

La recarga y flujo del recurso hídrico es un importante servicio ambiental que ofrecen los diferentes ecosistemas, sin embargo, el buen funcionamiento de este depende en gran parte del impacto que conllevan las actividades humanas que se realizan en la zona por ser superficies frágiles; para ello resulta indispensable poseer conocimiento sobre la diversidad de la cobertura vegetal que permita establecer los diferentes cambios que sufren los recursos hídricos a lo largo de su recorrido y el manejo adecuado que requieren (Barrantes & Méndez, 2016). De acuerdo con las previsiones de los organismos internacionales sobre el cambio climático, la disponibilidad de agua es el limitante principal en la producción agropecuaria, lo cual incrementará en los próximos años, por lo cual el uso eficiente de los recursos hídricos debe ser un aspecto primordial en el establecimiento de políticas públicas, dentro de este contexto es esencial considerar el uso eficiente que las plantas realizan con el agua (Medrano, 2007). De acuerdo a Martínez et al., (2021) se debe seguir investigando acerca de la capacidad de remoción que tienen las especies vegetales ante los contaminantes, debido a que esta información aporta al desarrollo de fitotecnologías.

Ecuador es un país muy rico en recursos hídricos, sin embargo, la interacción entre el hombre con el ambiente produce problemas en cuanto a la contaminación del suelo, aire, agua, además de las pérdidas de flora y fauna, por lo que el reconocimiento del agua como un derecho humano fundamental y como sujeto de derechos, constituye un enorme paso para precautelar la seguridad hídrica, garantizando en la población el ejercicio de los derechos hacia el alcance de una vida digna y la estabilidad de los ciclos naturales del agua. Sin embargo en el país aún se analiza a este recurso hídrico en cuanto a aspectos de calidad, cantidad y repartición, considerando la mayor debilidad en su calidad, que resulta afectada por actividades y uso de contaminantes, que reflejan la ausencia de políticas públicas adecuadas que muestran un complicado entorno social, económico y ambiental, que obstaculiza el buen vivir de la población (Guanokuiza y Antúnez, 2019).

Como es mencionado por Fernández Cirelli, (2017) el agua constituye un recurso esencial para la vida y para el desarrollo de las sociedades ya que posee propiedades únicas, siendo vital que los muestreos y mediciones químicas del mismo sean de calidad para obtener información correcta. Por otra parte Ruiz Arango, (2004) menciona que la falta de disponibilidad de agua idónea para consumo humano genera la necesidad de crear proyectos con enfoque innovador como es el caso de la biofiltración que es una opción de tratamiento del agua eficiente y de bajo costo. De igual forma Maroneze et al., (2014) ratifica que el uso de biofiltros para tratar aguas residuales de índole

domésticas es un método viable, por tener bajo costo, ser fácil de operar y posee una muy buena capacidad de eliminación de contaminantes.

Los bosques montanos proveen varios servicios ambientales como son: abastecimiento del recurso hídrico, protección del suelo, almacenamiento de carbono, producción de oxígeno, protección de la biodiversidad, mantenimiento de los aspectos étnico-culturales, entre otros, siendo así que al dañar cualquiera de estos bienes y servicios que otorga la naturaleza, se pone en riesgo el abastecimiento adecuado de todos estos recursos a futuro, debido a esto surge la necesidad de establecer medidas de protección y manejo adecuado de los recursos (MATTE., 2015). Tanto así que el tratamiento que se realiza a las aguas residuales constituye un factor indispensable para la disponibilidad de agua en cuanto a cantidad y calidad adecuadas, lo cual mejora el ambiente, la salud y la calidad de vida.

Gradualmente en Ecuador se están implementando proyectos enfocados en el tratamiento de aguas residuales a través del establecimiento de humedales artificiales que utilizan especies vegetales (Duchicela & Toledo, 2014). Como señala Mendoza, (2021) la utilización de biofiltros es una alternativa prometedora para la desinfección tanto física como química de las aguas residuales, en donde la ausencia de información y concientización en la población impide el enfoque de la atención a la importancia de estos tratamientos sobre los recursos hídricos, ya que se enfocan únicamente en la productividad y en los ingresos económicos, incluso se tienen conocimientos equivocados sobre los sistemas existentes y los que utilizan actualmente, esto genera una falta de atención y preocupación con el ambiente.

En la provincia de Chimborazo existe gran vulnerabilidad de los recursos naturales como agua, suelo, aire, flora y fauna; en donde la flora está representada por páramo, bosques nublados, arbustales secos y húmedos, que se encuentran gravemente degradados y fragmentados, lo cual se relaciona con la destrucción del hábitat natural de la fauna que desencadena la pérdida de especies endémicas a través de los años, de igual forma existen graves problemas en cuanto al agua, suelo y aire debido a la contaminación que presentan por el uso excesivo de pesticidas en actividades agropecuarias, en las cuales se evidencia también el gran consumo de agua, uso urbano y la generación de energía eléctrica, se ha incrementado a la par con el aumento poblacional; esta problemática se desarrolla con la contaminación de vertidos líquidos, lo cual ha degradado los ríos, lagunas y vertientes; el suelo ha sido sobreexplotado en las áreas agrícolas dejándolo estéril, sin capa arable y, en algunos sectores erosionados, mientras que las áreas naturales se han degradado

por el avance de la frontera agrícola y urbana. El aire que respiramos se ha modificado en su composición, principalmente, por la quema de combustibles fósiles y el uso excesivo de plaguicidas; este componente no se ha estudiado a fondo, pero el aumento de gases de efecto invernadero y de partículas ha degradado este recurso (PDYOT, 2015).

La búsqueda de información acerca de las especies vegetales que funcionan como biopurificadoras del agua es fundamental para conocer y establecer la utilidad, importancia y beneficios que generan en la calidad de los recursos hídricos. Además de ser una alternativa natural para contrarrestar la contaminación de las vertientes a nivel global, por lo que la presente investigación suministra información relevante sobre los estudios e investigaciones que se han desarrollado sobre la eficacia en la utilización de especies vegetales como biopurificadores de agua.

Metodología

a. Métodos

Para el desarrollo de la presente revisión bibliográfica se realizó la búsqueda de información en las siguientes bases de datos: Scopus, Redalyc, Dialnet, Scielo y Google Scholar, además se utilizó como ruta de búsqueda inicial, palabras clave como: vegetación, biofiltros, biopurificadores, biorremediación, fitorremediación, cobertura, ambiente, agua. Luego de obtener información de las diferentes bases de datos compuestas por revistas, libros, artículos y demás documentos de investigación a nivel nacional e internacional, se seleccionó la información más relevante e importante actualmente. Posteriormente se agrupó la información para descartar datos repetitivos y poder interpretar los textos lo cual permitió analizar de manera correcta los datos.

Dentro de la búsqueda de información se seleccionaron trabajos realizados por diferentes autores que recopilan información sobre la importancia y eficacia del uso de especies vegetales biopurificadoras de agua, considerados como biofiltros. Los artículos escogidos fueron agrupados en tres secciones conforme a la temática y contenido existente: en la primera sección se desarrolló y recopiló datos importantes sobre la utilización de biopurificadores o biofiltros para descontaminar el agua. En la segunda sección se detalla información relevante sobre la selección de especies vegetales para la implementación de biopurificadores, y por último, en la tercera sección se recopilan varios artículos y publicaciones basadas en la eficiencia de las especies vegetales utilizadas como biopurificadores del recurso hídrico en el cual se detalla cada una de las especies y los contaminantes que han eliminado a lo largo de cada estudio.

Resultados y discusión

Como es mencionado por Delgadillo López et al., (2011) actualmente la problemática de la contaminación de los recursos hídricos requiere de tecnologías efectivas, amigables con el ambiente y que puedan ser aplicadas a gran escala, como es el caso de la fitorremediación, en donde se ha visto que las plantas absorben, metabolizan y acumulan contaminantes de origen orgánico e inorgánico; sin embargo, se necesita mayor información sobre las interacciones entre planta microorganismos rizosféricos. Por lo cual Quevedo, (2021) afirma que los grandes problemas de contaminación por aguas residuales podrían reducirse de forma significativa por medio de la implementación de humedales artificiales edificados para biorremediación del agua, esta es una técnica económica y eficiente en la reducción de los contaminantes en aguas residuales que se presentan por actividades agropecuarias.

Por otra parte en la investigación realizada por CELIS et al., (2005) sobre las aplicaciones de la depuración de aguas residuales a través de la utilización de plantas acuáticas se analizó los procesos y aplicaciones de los sistemas de depuración de aguas de índole residual, y la importancia que estos tienen en el campo industrial, minero y doméstico, en el mismo se empezó por descripciones de los sistemas resaltando la función que cumplen la especies vegetales en la reducción de contaminación. Es así que Batista et al., (2013) manifiesta que los biofiltros proporcionan hasta un 46% de remoción de sólidos en suspensión y totales en agua residuales domésticas, además menciona que es una técnica que minimiza la contaminación y el agua resultante puede ser utilizada en la agricultura.

En el estudio realizado por Heredia Moyano et al., (2020) se construyeron humedales artificiales para remoción de contaminantes de hidrocarburos, en los cuales se utilizaron como biopurificadores diferentes tipos de pastos, en donde los pastos arvense y alemán removieron el 50% de TPH, el pasto elefante disminuyó significativamente la DQO en un 98,77% y el pasto chileno redujo en un 33,33% coliformes totales y 50% fecales. Por lo tanto, resulta ser muy provechoso realizar ensayos con humedales incorporando especies vegetales debido a la eficiencia de remoción que presenta.

Utilización de biopurificadores o biofiltros para descontaminar el agua

Como manifiesta Jhan Farling, (2017) un sistema de biofiltros es una técnica elaborada por el hombre, que se asemeja en sus funciones y etapas a una planta de tratamiento de aguas residuales. Por lo que Pulluquina Reyes, (2013) considera que es fundamental profundizar sobre biofiltros ya que se podrá generar una alternativa innovadora ambiental con la cual se disminuirá la contaminación, siendo una técnica de fácil acceso por estar distribuida en la naturaleza y puede ser aplicable para las industrias en pro del ambiente. De acuerdo con Viteri, (2014) en su estudio para generar agua de riego a partir de las aguas residuales determina que el tratamiento de humedales artificiales retienen los contaminantes de forma que reduce y mantiene las concentraciones dentro de los valores adecuados para la utilización del recurso hídrico en riego de acuerdo con lo que dicta la Norma TULSMA. Además, señala que el buen funcionamiento del biofiltro dependerá del diseño con materiales de construcción resistente, lo cual es ratificado por Duchicela y Toledo, (2014) al manifestar que el modelo del diseño del biofiltro es muy importante y deberá ser con materiales resistentes para obtener mejores resultados en la implementación de las especies vegetales que vayan a ser utilizadas.

La biofiltración compone una tecnología segura y eficaz, ante la problemática ambiental por la que está atravesando el mundo, en el cual los bajos costos de inversión, mantenimiento y la sencillez de operación, hacen de esta nueva tecnología una alternativa realmente interesante en el tratamiento de aguas residuales producidas por la contaminación de comunidades e industrias, por lo cual este mecanismo debe ser adoptado por cada región mediante la identificación de los materiales autóctonos con los que cuenta, para lograr un desarrollo sustentable (Garzón Zúñiga et al., 2012). Los humedales artificiales muestran una eficiencia de remoción de la Demanda biológica de oxígeno (DBO) en 53,1 %, demanda química de oxígeno (DQO) en 36,6 % y Sólidos suspendidos totales (SST) en 75,7%, con la aplicación de estos sistemas se evidencia cambios en la coloración del agua mejorando su calidad. Además se ha evidenciado que el costo beneficio es positivo desde el primer año de ejecución haciendo de esta una técnica factible, que genera grandes beneficios socioeconómicos a la población, así como en el campo ambiental se observan impactos positivos en cuanto al cambio de la calidad de agua tanto superficial como subterránea, reducción de los contaminantes del suelo y emisiones de gases de efecto invernadero (Granados Gómez, 2018).

Selección de especies vegetales

En la implementación de biofiltros es fundamental la selección de las especies vegetales adecuadas para el sitio de estudio, por lo que TAPIA y VILLAVICENCIO, (2007) señalan que la selección

de especies que funcionarán como biopurificadores del recurso hídrico dependerá de la identificación y determinación de los principales contaminantes presentes en el área como resultado de la erosión, arrastre de sedimentos, uso de fertilizantes y plaguicidas, mencionan que es posible utilizar pastos, arbustos y árboles como estratos vegetales para generar agua de mejor calidad, además es fundamental conocer las características de comportamiento y grado de adaptación que las especies poseen, lo cual se utiliza como guía para el proceso de selección. Es así que Duchicela y Toledo, (2014) establecen que los elementos en la selección de especies vegetales son la igualdad en cuanto a las características anatómicas que posea cada una.

Es así que Viteri, (2014) en su trabajo sobre combinación biológica de especies vegetales en humedales como biofiltros para descontaminar las aguas residuales de una planta de tratamiento se utilizó como método de recolección de datos la investigación bibliográfica y en campo en donde se trabajó sobre realidades de hecho y la caracterización adecuada de los elementos presentes, obteniendo alternativas para mejorar el uso de las aguas servidas que son un problema ambiental, menciona además que el uso de especies vegetales como biofiltros es fundamental para mejorar la calidad de agua, señala que en la construcción de humedales se debe tener en cuenta la sucesión de los mismos ya que en conjunto se complementan obteniendo de esta forma mejores resultados, también manifiesta que en plantas acuáticas se deberá tener en cuenta sistemas de impermeabilización alternativos, en los cuales se puede utilizar compactación de suelos.

Por otra parte Uvillus et al., (2017) señala que la remediación deberá realizarse a través de vegetación en riberas y humedales ya que es la opción más viable, económica y ambiental, en el cual los planes de biorremediación con plantas acuáticas autóctonas es la mejor opción.

Eficiencia de las especies vegetales en la biopurificación del recurso hídrico

En el transcurso de la investigación se obtuvo información relevante en la provincia de Chimborazo específicamente en las comunidades de la parroquia de Punín, en donde los habitantes utilizaban las aguas grises para el riego de sus terrenos, sin tener en cuenta el daño que ese tipo de agua desencadenaría en la mala producción y calidad del cultivo, además de dañar las propiedades del suelo haciéndolo infértil por esta razón se implementó la iniciativa de realizar tratamientos previos a las aguas grises a través de la construcción de biofiltros con la utilización de especies propias del sitio como totora (*Scirpus californicus*) y achira (*Canna edulis*) (Duchicela & Toledo, 2014). En el estudio se determinó que la especie con mayor capacidad de remoción de contaminantes a nivel

de laboratorio fue la Achira en un 8.5 %, con respecto a la totora que obtuvo el 3,2%, sin embargo de acuerdo al análisis estadístico realizado a través de la prueba *t-student*, se obtuvo un 0,486 y 0,316 en laboratorio por lo que no se evidencian diferencias significativas, entendiéndose que ambas especies poseen características similares de remoción de contaminantes del agua, mostrando de esta manera que el uso de especies vegetales es fundamental para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos, y que al combinar varias especies vegetales los resultados son mejores.

Lo cual es ratificado por Guerra Sandoval, (2018) al señalar que debido a la problemática actual de la exagerada utilización de los recursos hídricos por parte de las industrias para la transformación de materias primas, en donde resulta ser el agua el principal elemento contaminado por la descarga de residuos plantea realizar la depuración del líquido por medio de humedales artificiales con el uso de la especie vegetal Totora (*Schoenoplectus californicus*) que posee buenos resultados en la eliminación de contaminantes y un bajo costo.

Castañeda y Orozco, (2022) señalan que en la ciudad de Riobamba perteneciente a la provincia de Chimborazo se diseñó la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa El Arriero B&C, debido a la generación y descarga de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento lo cual incumple con las normativas ambientales establecidas por la ley, que a través de análisis químicos, físicos y microbiológicos del agua realizados en laboratorio se obtuvo valores altos de Sólidos Suspendidos, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Nitratos, Fosfatos; por lo que se seleccionó un sistema de tratamiento de agua a través de un filtro verde de tipo arbóreo utilizando eucalipto de forma que permita la reducción de contaminantes por medio de la eliminación de materia orgánica lo cual se evidenció en la disminución de DQO, DBO5, Sólidos suspendidos, Nitratos, Fosfatos y se ajustaron los valores requeridos por la norma citada en el TULSMA de esta forma se estableció que el tratamiento con un filtro verde fue el idóneo para conseguir descargar el agua tratada al cuerpo de agua dulce sin ningún problema, evidenciando la disminución de la contaminación.

Por otra parte en el estudio realizado por Abreu et al., (2021) se comparó la eficiencia de las plantas macrófitas mediante parámetros físicos, en el cual se pudo observar que la especie *Eichhornia crassipes* mostró una eficiencia significativa en la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST), mostrando a esta especie como una buena técnica para el tratamiento de aguas residuales. Además Tovar, (2020) señala que la combinación de la especie macrofita lechuguín con materiales filtrantes

ayuda a en la disminución de contaminantes, ya que el uso de los lechuguines como biofiltros reduce el contenido de nitratos y nitritos en el agua residual.

De acuerdo con Jaramillo y Flores, (2012) las macrófitas acuáticas presentan el 29,5% de eficiencia de remoción de sedimentos, dentro de lo cual la especie Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) obtuvo el mayor porcentaje de absorción y resistencia a la concentración de mercurio expuesta, por lo que la utilización de biopurificadores vegetales brinda una alternativa natural a los métodos tradicionales de desintoxicación de metales pesados, de igual forma se comprobó que estas especies trabajan muy bien separadas o en grupos. Como es mencionado por MERA, (2016) las especies de macrófitas como *Eichhornia crassipes* y *Lemna spp* combinadas muestran eficacia en la fitorremediación de un medio contaminado con Plomo, por lo tanto, recomienda el uso de estos tratamientos biológicos para la recuperación de aguas residuales industriales no solo por presentar un buen potencial de descontaminación sino también por el bajos costo en su mantenimiento. De igual forma León et al., (2018) asegura que estas especies vegetales fueron eficientes en la eliminación de *Escherichia coli* y coliformes totales en aguas servidas, disminuyendo la carga bacteriana quedando por debajo de los límites máximos permisibles para agua potable y de uso agrícola. Dentro del estudio hay que destacar que los helechos acuáticos *A. caroliniana* y *S. auriculata* fueron las especies más eficientes al remover el 100% de las bacterias.

En otros estudios realizados por Sarango y Sánchez, (2016) señalan que tanto la especie *Eichhornia crassipes* como *Lemna minor* se pueden utilizar individualmente como excelentes alternativas complementarias en el tratamiento de aguas residuales. Así mismo Guevara y Ramirez, (2015) manifiestan que con las distintas características de *Eichhornia crassipes* es posible su uso en fitorremediación, puesto que realizan una depuración y acumulación de los metales pesados presentes en las fuentes de agua, sin embargo señala que es recomendable utilizar esta especie solo en humedales artificiales debido a que se puede controlar su forma de reproducción y evitar la propagación excesiva del mismo.

En la investigación realizada por Nuñez et al., (2019) se evaluó la eficiencia de un sistema de fitorremediación utilizando las especies palustre (*Zantedeschia aethiopica*) y flotante (*Eichhornia crassipes*) para tratar aguas residuales domésticas en donde se alcanzó un 70% de eficiencia ante la eliminación de los contaminantes en el agua. Por otro lado MOROCHO y MOROCHO, (2016) señalan que la especie *Eichhornia crassipes* (lechuguín) es la más idónea para el establecimiento

de un humedal artificial puesto que es de gran ayuda para el medio ambiente ya que a través de este, permite instaurar los parámetros aceptados para el agua dulce.

En el estudio realizado por VARGAS PARREÑO, (2020) se presenta la lenteja de agua (*Lemna minor*) que señala que es una especie que ayuda considerablemente en la disminución del cromo Hexavalente y recomienda el uso de esta planta para el tratamiento de aguas residuales que no representa gastos muy elevados y presenta beneficios en favor al ambiente, ya que a través de sus tejidos atrapa al cromo.

BASILIO Y VEGA, (2021) manifiestan que la implementación de un biofiltro con algarrobo (*Prosopis pallida*) y tabachín (*Caesalpinia pulcherrima*) permite el tratamiento eficaz de las aguas residuales, además el uso de papiro (*Cyperus papyrus*) y Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) colocado en humedales artificiales ayuda en la remoción considerable de contaminantes, debido a que en los humedales se degrada gran cantidad de materia que no es removida dentro del biofiltro, obteniendo de esta forma un conveniente tratamiento de las aguas grises domésticas con lo que mejora su calidad y puede ser reutilizada. Por lo tanto, ratifica que el diseño combinado de un humedal artificial con un biofiltro es realmente factible para sitios donde no cuentan con saneamiento adecuado.

En el estudio realizado por Torres Andrade, (2014) se utilizó las especies de palma y balsa como biofiltros pero resultaron ser incapaces de remover el color de las fuentes de agua contaminadas, sin embargo la utilización de la balsa posterior a un tratamiento de oxidación mostró eficiencia en la remoción de materia orgánica lo cual disminuyó la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), algo que no se logró con la palma. En cambio Pulluquina Reyes, (2013) en su estudio utilizó el simbionte Helecho acuático (*Azolla sp*) como biofiltro de aguas contaminadas donde comprobó que ayuda en la depuración con un intercambio de gases con la atmósfera, fijando nitrógeno y con ello disminuye los contaminantes del agua.

En el puerto pesquero de Paita, se presenta contaminación por metales pesados a causa de la industria del sector pesquero por lo que Gómez et al., (2022) realizaron un estudio con el objeto de determinar la eficacia de la fitorremediación mediante el uso de macrófitos de agua contaminada por plomo, en donde se utilizó la especie *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) resultando ser eficiente para el equilibrio de los estándares de calidad ambiental; pero su eficiencia en la reducción de plomo en agua de mar fue baja. Por otro lado ALBIÑO QUITIAQUEZ, (2018) ratifica que el uso de la especie Jacinto de agua en fitorremediación es una alternativa eficaz en la remoción de

productos farmacológicos presentes en aguas contaminadas puesto que en comparación con otros métodos tradicionales de depuración de aguas resulta más económico por la inversión y posee menor tiempo de respuesta con estas plantas.

En otras investigaciones realizadas por Angulo Granados et al., (2018) se manifiesta la eficacia de un ecosistema de manglar como purificador en donde comprobando que tiene influencia como biopurificador del agua destacando que con el manglar el recurso hídrico entra en los límites permisibles al eliminar los contaminantes. De igual en el estudio desarrollo por (JODI et al., 2012) se menciona que las plantas son capaces de actuar como coagulantes de agua, mostrando a la especie *Moringa oleifera* con la mayor capacidad de coagulante, seguido por el *Habiscuss sabdariffa*, sin embargo, resalta que se debería investigar más al fondo a los organismos causantes de enfermedades, para establecer las especies que en verdad se pueden utilizar para contrarrestar la contaminación de las fuentes de agua.

Las macrófitas han mostrado ser especies eficientes para la remediación de aguas con contenidos de sustancias nocivas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio, la importancia de este tipo de plantas radica en la capacidad de ser utilizados en núcleos rurales por el bajo consumo de energía y la fácil operación de los sistemas de tratamiento. En la revisión literaria se ha observado el amplio campo de aplicación que poseen las macrófitas flotantes a manera de sistemas naturales para el tratamiento de aguas contaminadas mostrando alta eficiencia de remoción en aguas residuales, los criterios para el establecimiento de los sistemas de tratamiento con estas especies depende del modelo que vaya a ser empleado; los cuales pueden ser sistemas con especies flotantes; filtro de macrófitas en flotación; o humedales de tratamiento flotante con macrófitas emergentes. Además cabe mencionar que se deben llevar a cabo retiros periódicos de las plantas para lograr la optimización de la eficiencia de las mismas (MARTELO & LARA, 2012).

Conclusiones

Para el establecimiento de los biopurificadores de agua se debe tener en cuenta la selección de especies que dependerá de la determinación de los principales contaminantes presentes en las zonas de estudio, además es fundamental seleccionar la vegetación nativa de las cuales se deberá conocer las características de comportamiento y adaptabilidad que posee cada especie.

A través de la investigación se puede concluir que las especies vegetales mas utilizadas para la implementación de biofiltros o biopurificadores de agua son las macrófitas acuáticas debido a la

eficiencia significativa que muestran a la hora de remover los contaminantes presentes en las fuentes de agua, lo cual a sido ratificado en varios estudios desarrollados, dentro de los cuales se comprobó que las especies son igualmente eficaces estando separadas o juntas, sin embargo tienen un mayor porcentaje de eficacia al conformar grupos de estas especies.

La utilización de especies vegetales como biopurificadores del recurso hídrico resulta ser una alternativa natural por ser amigable con el ambiente, económica debido al bajo costo en el mantenimiento y realmente eficaz en la remoción de contaminantes presentes en las aguas residuales de origen agropecuario y doméstico, dentro de lo cual de acuerdo con la investigación realizada, se pudo evidenciar la disminución de la carga bacteriana, metales pesados, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, nitritos, nitratos entre otros, a través de lo cual el agua logra entrar en los límites permisibles para ser utilizada en otras actividades.

Se puede concluir que en la provincia de Chimborazo no existe mayor información acerca del establecimiento de biopurificadores del recurso hídrico basado en la utilización de especies vegetales, por lo que es indispensable realizar investigaciones acerca de los beneficios y las características que poseen las plantas nativas como purificadoras de agua, dando alternativas innovadoras y naturales para la descontaminación de los recursos hídricos.

Referencias

1. Abreu, R., Aleman, R., & Bravo, C. (2021). Libro Memorias I Congreso de Gestión Ambiental y Conservación de la Biodiversidad. Uae, 3(3), 129–137. <https://www.researchgate.net/publication/359267977%0ALibro>
2. ALBIÑO QUITIAQUEZ, B. A. (2018). EVALUACIÓN DE DOS ESPECIES VEGETALES EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES EMERGENTES DE AGUAS CONTAMINADAS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS [UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9320/1/UDLA-EC-TIB-2018-18.pdf>
3. Angulo Granados, M. J., Barona Obando, M., Andrade Dicao, G., & Muñoz Naranjo, D. (2018). INFLUENCIA DEL ECOSISTEMA MANGLAR COMO BIOPURIFICADOR CIUDAD DE GUAYAQUIL. REVISTA DE LOS DESARROLLO LOCAL SOSTENIBLE, 11, 1–25. <https://doi.org/1988-5245>

4. Barrantes, E. A., & Méndez, V. H. (2016). Riqueza del recurso hídrico y su relación con la cubierta vegetal en la Reserva Forestal Grecia, Alajuela, Costa Rica. *Junio*, 8(1), 11–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=515653586002>
5. BASILIO MACÍAS, C. N., & VEGA GONZÁLEZ, D. A. (2021). EVALUACIÓN DE UN ECO-SISTEMA DE BIOFILTRACIÓN Y HUMEDAL PARA AGUAS GRISES [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BASILIO MACIAS CAROL NICOLE.pdf>
6. Batista, R. O., Soares, A. A., Santos, D. B. dos, Bezerra, J. M., & Oliveira, A. de F. M. (2013). Remoção de sólidos suspensos e totais em biofiltros operando com esgoto doméstico primário para reuso na agricultura. *Revista Ceres*, 60(1), 7–15. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100002>
7. Castañeda, W., & Orozco, B. (2022). Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante filtros verdes para una industria quesera. Tesis Pregrado - Universidad Nacional de Chimborazo, 78.
8. CELIS HIDALGO, J., JUNOD MONTANO, J., & SANDOVAL ESTRADA, M. (2005). RECIENTES APLICACIONES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS. 14(1), 17–25.
9. Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandova, O. (2011). FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597–612. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
10. Duchicela Goyes, V. N., & Toledo Verdezoto, M. K. (2014). Determinación De Eficiencia De Especies Vegetales: Totora - Achira Implementadas En Biofiltros Para Agua De Riego En Punín 2013. 95. <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=1813ee38-53e7-a93f-1f78-218ecf23f876&documentId=b2d30ee3-5968-3d02-8fc7-4185b5be3be1>
11. Fernández Cirelli, A. (2017). Ambiente El agua: un recurso esencial. *TRAVESSIA - Revista Do Migrante*, 11(81), 147–170. <https://doi.org/10.48213/travessia.vi81.866>
12. Garzón Zúñiga, M. A., Buelna, G., & Moeller Chávez, G. E. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 3(3), 153–161.

13. Gómez, L. C., Palacios Vasquez, A., Vilchez Pingo, C., Rodriguez yupanqui, M., Cruz Noriega, M., & Rojas Flores, S. (2022). Fitorremediación con macrófitos en agua contaminada por plomo del puerto pesquero de Paita-Perú . Phytoremediation with macrophytes in water contaminated by lead from the fishing port of Paita , Peru . 2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD 2022: “Exponential, 1–6. <https://laccei.org/LEIRD2022-VirtualEdition/full-papers/FP96.pdf>
14. Granados Gómez, M. M. (2018). Estudio de factibilidad de la implementación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en ecosistema de alta montaña en Toquilla [Universidad Libre Facultad de Ingenierías]. In Universidad Libre Facultad de Ingenierías. [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11576/Proyecto,](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11576/Proyecto_articulo_y_plantilla_congreso.pdf?sequence=1&isAllowed=y) artículo y plantilla congreso.pdf?sequence=1&isAllowed=y
15. Guanoquiza Tello, Lucas; Antúnez Sánchez, A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético ^ e environmental contamination in the water-bearing to Ecuador . Need of his reversion from the public policies with focus. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 5, 1053–1079. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3941756001/>
16. Guerra Sandoval, B. G. (2018). Tratamiento De Aguas Residuales Provenientes De La Industria De Productos Lácteos San Salvador – Cantón Riobamba, Mediante Fitorremediación Con Humedales Artificiales Empleando Totora. In Universidad Nacional De Chimborazo. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7646/1/06678.pdf>
17. Guevara Granja, M. F., & Ramirez Cando, L. J. (2015). Eichhornia crassipes, SU INVASIVIDAD Y POTENCIAL FITORREMEDIAADOR. LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA, 22(1), 18–25. <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.01>
18. Heredia Moyano, S. F., Gavilanes Montoya, A., & Heredia Moyano, M. F. (2020). DEPURACIÓN DE AGUA CONTAMINADA CON HIDROCARBUROS EN EL RÍO RUMIYACU, MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES EN LA PROVINCIA DE FRANCISCO DE ORELLANA. Perfiles, 1, 24. <https://doi.org/2477-9147>

19. Jaramillo Jumbo, M. del cisne, & Flores Campoverde, E. D. (2012). Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor (Lenteja de agua), y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la actividad minera. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.
20. Jhan Farling, L. A. (2017). Facultad de ingeniería Ambiental Tratamiento de aguas grises domésticas mediante un sistema de biofiltros en la urbanización de José Carlos Mariátegui S.J.L en el año 2017. In Universidad Privada del Norte. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>
21. Jodi, M. ., Birnin Yauri, U. ., Yahaya, Y., & Sokoto, M. . (2012). The use of some plants in water purification. *Journal of Chemistry and Material Science*, 1(4), 71–75.
22. León, R., Pernía, B., Sigüencia, R., Franco, S., Noboa, A., & Cornejo, X. (2018). Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y Escherichia coli en aguas servidas - Evaluation of the potential of aquatic plants to remove total coliforms and Escherichia coli from wastewater. *Enfoque UTE*, 4, 131–144. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
23. Mamani, G. (1991). Recursos Hídricos: Resumen del 2o Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. *Problemas de Recursos Hídricos*, página 2, 1–9.
24. Maroneze, M. M., Zepka, L. Q., Vieira, J. G., Queiroz, M. I., & Jacob-Lopes, E. (2014). A tecnologia de remoção de fósforo: Gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Água*, 9(3), 445–458. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
25. Martelo, J., & Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte - Floating macrophytes on the wastewater treatment: a state of the art review. *Revistas Académicas Universidad EAFIT*, 8(15), 221–243. <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
26. Martin, I. (1989). Depuración de aguas con plantas emergentes. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 24. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1989_16.pdf
27. Martínez Manchego, L., Sarmiento Sarmiento, G., & Bocardo Delgado, E. (2021). ESPECIES VEGETALES NATIVAS CON POTENCIAL PARA LA FITORREMEDIAÇÃO DE SUELOS ALTO ANDINOS CONTAMINADOS POR

- RESIDUOS DE ACTIVIDAD MINERA. *Bioagro*, 33(3), 161–170.
file:///C:/Users/PAUL/Downloads/3380-Article Text-3440-1-10-20210824.pdf
28. MATTE. (2015). Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador. Ministerio Del Ambiente de Ecuador-MAE, 174.
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
29. Medrano, H. et al. (2007). Disponible en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17604304>.
30. MERA PONCE, S. R. (2016). Evaluación de la bioconcentración de dos especies macrofitas acuáticas (*Eichhornia crassipes* y *Lemna minor*) en la fitorremediación de un medio contaminado con plomo [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. In Escuela superior Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6174/1/236T0219.pdf>
31. MOROCHO REINOSO, D. I., & MOROCHO REINOSO, J. J. (2016). PROPUESTA DE HUMEDAL ARTIFICIAL CON VEGETACIÓN HERBÁCEA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS [UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA].
<https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/526/1/T.AMB.B.UEA.3211>
32. Nuñez, E., Saboya, N., & Cruz, M. (2019). Fitorremediación mediante las especies palustre y flotante , *Zantedeschia aethiopica* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de la región natural Quechua-Cajamarca. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 5(2), 46–63.
33. PDYOT. (2015). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO. 554. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000280001_PDyO T FINAL - 160516 13y50_16-05-2016_19-06-53.pdf
34. Pulluquina Reyes, A. (2013). Evaluación y análisis del simbionte helecho acuático (*Azolla* sp. - *Anabaena azollae*) y su aplicación como biofiltro en la depuración de aguas residuales en la provincia del Tungurahua- Ecuador. [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6636/1/BQ 45.pdf>
35. Quevedo Quispe, A. W. (2021). Diseño y Construcción De Humedal Artificial Para La Recuperación De Aguas Residuales En La Población De Alcalá. *Revista Ciencia*,

- Tecnología e Innovación, 19, 133–148.
http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v19n24/v19n24_a09.pdf
36. Ruiz Arango, A. (2004). La biofiltración , una alternativa para la potabilización del agua. *Lasallista De Investigacion*, 1(2), 61–66.
37. Sarango, O. P., & Sánchez, J. A. (2016). “Diseño y construcción de 2 biofiltros con Eichhornia Crassipes y Lemna Minor para la evaluación de la degradación de contaminantes en aguas residuales de la extractora Río Manso EXA S.A. ‘Planta la Comuna’, Quinindé” . In *Facultad de Ciencias: Vol. Bachelor*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4930>
38. TAPIA F, F., & VILLAVICENCIO P, A. (2007). Uso de Biofiltros para mejorar la calidad del agua de riego *BOLETÍN INIA N°170N°170*.
39. Torres Andrade, G. F. (2014). Tratamiento De Aguas Residuales Mediante La Combinación De Técnicas Avanzadas De Oxidación Y Biofiltros [UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA TESIS DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA]. In *Universidad De Las Palmas De Gran Canaria*.
https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/11899/4/0699295_00000_0000.pdf
40. Tovar, K. M. (2020). *Universidad Técnica de Ambato Universidad Técnica de Ambato*.
Repositorio Institucional de La Universidad Técnica de Ambato, 153.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12640>
41. Uvillus, S., Chamorro, S., Gómez, T. G., Moreta, J. C., & Rosero, K. (2017). *Biorremediación de lagos tropicales eutrofizados: estudio del lago san pablo (Ecuador)*.
Books.Google.Com, 52(4), 829–837.
http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2377/2/Resumen Ejecutivo.pdf%0Ahttps://www.academia.edu/1439928/La_eutrofización_de_los_lagos_y_sus_consecuencias._Ibarra_2008%0Ahttp://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2637/1/TESIS.pdf
42. VARGAS PARREÑO, J. P. (2020). EVALUACIÓN MEDIANTE LA TÉCNICA DE FITORREMEDIACIÓN EL CROMO EN EFLUENTES DE LA INDUSTRIA DEL CUERO UTILIZANDO Lemna minor (LENTEJA ACUATICA) [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15508/1/27T00458.pdf>

43. Viteri, M. (2014). Combinación Biológica De Dos Especies En Humedales Vegetales Sucesivos Como Biofiltros Para La Descontaminación De Aguas Residuales En La Planta De Tratamiento El Peral Ep-Emapa Ambato. In Repo.Uta.Edu.Ec. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).