UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL



TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

BIOJARDINERAS COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS: UNA REVISIÓN REGIONAL AMAZÓNICA CON ÉNFASIS PARA EL CASO ECUATORIANO.

AUTOR(ES):

Byron Gonzalo Chimbo Calapucha

Vanessa Alexandra Lezano Guambo

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Jesús Antonio Bonilla de Gracia

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	El título presenta claramente la idea principal del trabajo.
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	En el resumen se aborda los aspectos relevantes del trabajo dando a conocer el alcance, los objetivos, resultados y la metodología utilizada.
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.	18/20	La introducción desarrolla una visión general desde lo macro hacia lo puntual, respaldando con argumentos metodológicos y científicos.
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.	12/15	La revisión bibliográfica del trabajo está relacionada con los objetivos propuestos, que además sirven de argumento y respaldo al método utilizado.
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.	14/15	La metodología planteada es apropiada y corresponde al tema y objetivos, que permite un adecuado procesamiento de la información.

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.	23/25	La presentación de los resultados es ordenada y secuencial de acuerdo a la metodología y objetivos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	8/10	En las conclusiones se redacta lo relevante de la investigación y mantiene coherencia con los objetivos.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	Cumple con la normativa.
VALORACIÓN TOTAL	89/100	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**89/100**

Atentamente,

Dr. Edison Samaniego Guzmán PhD.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de agosto de 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.	4/5	
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.	17/20	
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.	13/15	
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.	13/15	

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.	23/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	
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	89/100	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89

Atentamente,

María Augusta Guadalupe A.

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de agosto de 2022

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

Puyo, _03 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Chimbo Calapucha Byron Gonzalo, con C.I. 1501039299, con el Tema: "_Biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas:Una revisión regional Amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano.", de la carrera de _Ingenieria Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular,_Bonilla de Gracia Jesús Antonio, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 03 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA

Firmado digitalmente porJESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha:2022-08-03 21:54+19:00

Jesús Antonio Bonilla De Gracia

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Biojardineras- Aguas Residuales Domésticas-Final.docx (D142644737)
Submitted	2022-08-04 03:36:00
Submitted by	JESUS
Submitter email	ja.bonillad@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	ja.bonillad.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas: Una revisión regional Amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano. Autor 1 Autor1@uea.edu.ec Autor 2 Autor2@uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental Resumen Una dificultad significativa para la mayoría de las personas que viven en zonas marginales son la gran falta de instalaciones de saneamiento y consigo la alta generación de residuos líquidos y/o sólidos por las diferentes actividades cotidianas de los seres humanos, son los que conduce a la transmisión de enfermedades y baja productividad, por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo conocer sobre las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Para lo cual se empleó como metodología un estudio cualitativo exploratorio de revisión de literatura secundario, y se efectuó mediante la indagación en las diferentes bases de datos sobre las biojardineras, posteriormente una exhaustiva revisión que contengan diferentes criterios como la localización, fuente, concepto, el tipo de revisión de literatura, familias, géneros y especies utilizados, así como su contribución principal, para realizar la clasificación de los artículos aceptados y descartados que formaron parte de la investigación. Obteniendo como resultados la identificación de publicaciones en cuatro países sobre el tema de biojardineras con un total de 24 estudios publicados siendo el de mayor número Brasil y Perú, y las familias que más presentan reportes por los autores son la Familias Cyperaceae Poaceae, Typhaceae y la Heliconiaceae, Género Heliconia y la Especie Eichhornia Cras sip, llegando a la conclusión que en los países latinoamericanos durante los últimos años se ha venido divulgando la tecnología de biojardineras como un sistema atractivo para el tratamiento de aguas residuales debido a sus bajos costos de implementación y a su aporte medio ambiental. Palabras Clave: Biojardineras, aguas residuales domésticas, especies vegetales, tecnologías ambientales biojardinera.

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

Puyo, 3 de agosto del 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: _Vanessa Alexandra Lezano Guambo, con C.I. 1850704089, con el Tema: "Biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas Una revisión regional Amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular, _Bonilla de Gracia Jesús Antonio, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del __0__%, Informe generado con fecha 3 de agosto del 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA

Firmado digitalmente porJESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha:2022-08-03 21:51+19:00

Jesús Antonio Bonilla De Gracia

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Biojardineras- Aguas Residuales Domésticas-Final.docx (D142644737)
Submitted	2022-08-04 03:36:00
Submitted by	JESUS
Submitter email	ja.bonillad@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	ja.bonillad.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Entire Document

Biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas: Una revisión regional Amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano. Autor 1 Autor1@uea.edu.ec Autor 2 Autor2@uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería Ambiental Resumen Una dificultad significativa para la mayoría de las personas que viven en zonas marginales son la gran falta de instalaciones de saneamiento y consigo la alta generación de residuos líquidos y/o sólidos por las diferentes actividades cotidianas de los seres humanos, son los que conduce a la transmisión de enfermedades y baja productividad, por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo conocer sobre las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Para lo cual se empleó como metodología un estudio cualitativo exploratorio de revisión de literatura secundario, y se efectuó mediante la indagación en las diferentes bases de datos sobre las biojardineras, posteriormente una exhaustiva revisión que contengan diferentes criterios como la localización, fuente, concepto, el tipo de revisión de literatura, familias, géneros y especies utilizados, así como su contribución principal, para realizar la clasificación de los artículos aceptados y descartados que formaron parte de la investigación. Obteniendo como resultados la identificación de publicaciones en cuatro países sobre el tema de biojardineras con un total de 24 estudios publicados siendo el de mayor número Brasil y Perú, y las familias que más presentan reportes por los autores son la Familias Cyperaceae Poaceae, Typhaceae y la Heliconiaceae, Género Heliconia y la Especie Eichhornia Cras sip, llegando a la conclusión que en los países latinoamericanos durante los últimos años se ha venido divulgando la tecnología de biojardineras como un sistema atractivo para el tratamiento de aguas residuales debido a sus bajos costos de implementación y a su aporte medio ambiental. Palabras Clave: Biojardineras, aguas residuales domésticas, especies vegetales, tecnologías ambientales biojardinera.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

"Biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas: Una revisión regional Amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano"

Chimbo Calapucha Byron Gonzalo[1]

amb2017207@uea.edu.ec

Lezano Guambo Vanessa Alexandra[1]

amb2017068@uea.edu.ec

Bonilla de Gracia Jesús Antonio, M. Sc[2]

ja.bonillad@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida,

Carrera de Ingeniería Ambiental

Resumen

Una dificultad significativa para la mayoría de las personas que viven en zonas marginales son la gran falta de instalaciones de saneamiento y consigo la alta generación de residuos líquidos y/o sólidos por las diferentes actividades cotidianas de los seres humanos, son los que conduce a la transmisión de enfermedades y baja productividad, por tal motivo la presente investigación tiene como objetivo conocer sobre las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Para lo cual se empleó como metodología un estudio cualitativo exploratorio de revisión de literatura secundario, y se efectuó mediante la indagación en las diferentes bases de datos sobre las biojardineras, posteriormente una exhaustiva revisión que contengan diferentes criterios como la localización, fuente, concepto, el tipo de revisión de literatura, familias, géneros y especies utilizados, así como su contribución principal, para realizar la clasificación de los artículos aceptados y descartados que formaron parte de la investigación. Obteniendo como resultados la identificación de publicaciones en cuatro países sobre el tema de biojardineras con un total de 24 estudios publicados siendo el de mayor número Brasil y Perú, y las familias que más presentan reportes por los autores son la Familias Cyperaceae Poaceae, Typhaceae y la Heliconiaceae, Género *Heliconia* y la Especie *Eichhornia Cras sip*, llegando a la conclusión que en los países latinoamericanos durante los últimos años se ha venido divulgando la tecnología de biojardineras como un sistema atractivo para el tratamiento de aguas residuales debido a sus bajos costos de implementación y a su aporte medio ambiental.

***Palabras Clave*:** *Biojardineras, aguas residuales domésticas, especies vegetales, tecnologías ambientales biojardinera*.

Abstract

A significant difficulty for most people living in marginal areas is the great lack of sanitation facilities and the high generation of liquid and/or solid waste due to the different daily activities of human beings, which leads to the transmission of diseases and low productivity, for this reason the present research aims to learn about bio-gardens as an alternative for the treatment of domestic wastewater. For which an exploratory qualitative study of secondary literature review was used as a methodology, and it was carried out through the investigation of the different databases on bio gardens, later an exhaustive review containing different criteria such as location, source, concept, the type of literature review, families, genera and species used, as well as their main contribution, to classify the accepted and discarded articles that were part of the research. Obtaining as results the identification of publications in four countries on the subject of bio gardens with a total of 24 published studies, the largest number being Brazil and Peru, and the families that present the most reports by the authors are the Cyperaceae Poaceae, Typhaceae and the Heliconiaceae, Genus *Heliconia* and the Species *Eichhornia Cras sip*, reaching the conclusion that in Latin American countries in recent years bio-garden technology has been disclosed as an attractive system for wastewater treatment due to its low implementation costs and it's their environmental contribution.

***Keywords**: Biogardens, domestic wastewater, plant species, biogarden environmental technologies.*

1. INTRODUCCIÓN

Las biojardineras se definen como sistemas bióticos construidos por la mano del hombre usados para el tratamiento de aguas residuales municipales, domésticas y /o aguas grises, así como de almacenamiento temporal de agua lluvia considerándose una alternativa viable y sustentable para la depuración de aguas residuales (Cevallos & Guañuna, 2019).

Esta definición tiene concordancia con lo mencionado por Moncada (2011), quien indica que las biojardineras son un complejo ecosistema constituido de sustrato saturado, vegetación, microorganismos y agua, cuyo objetivo es la remoción de contaminantes mediante diversos procesos físicos, químicos y biológicos. También son llamados humedales artificiales subsuperficiales horizontales cuyo objetivo es tener un jardín para embellecer los hogares y a la vez mejorar la calidad de las aguas que los habitantes de esta producen, se caracterizan por ser poco profundas y por fijar la materia orgánica y demás contaminantes gracias a la presencia de microorganismos, en ciertos casos se pueden utilizar para reducir la concentración de metales pesados (Tesser, 2018; Gómez, 2017; Gómez & Cubillo, 2017; Aguilar 2020).

Las actividades cotidianas de los seres humanos generan residuos líquidos y/o sólidos. Por ejemplo, todos los días se usa el agua, para preparar alimentos, para lavar la ropa, para limpiar los hogares, higiene personal, entre otras actividades (Alarcón, 2019). Según las Naciones Unidas en su informe “The Millennium Development Goal Report” del año 2015, en el mundo, 2.4 billones de habitantes carecen de instalaciones de saneamiento mejoradas (The Millennium Development Goals Report 2013 United Nations, 2015); las personas que más se ven afectadas por esta problemática son las que viven en zonas marginales, donde el inadecuado saneamiento resulta en la transmisión de enfermedades y baja productividad (Cronk & Bartram, 2015). Como un esfuerzo para enfrentar esa problemática a nivel mundial, el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) propone para el 2030 “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (Bárcena & Prado, 2016).

Para el tratamiento de las aguas grises, los países europeos han generado tecnologías alternativas basadas en el eco-saneamiento y sustentabilidad, como la biojardineras o también llamado humedales artificiales (Sengupta et al., 2015).

Además, la depuración de las aguas residuales por medio de las biojardineras domiciliares permite dar un segundo uso al agua (reciclaje) por ejemplo puede ser utilizada para otras actividades dentro del mismo hogar (limpieza del hogar, riego de hortalizas, etc.); reduciendo el consumo del agua potable hasta en un 20%. Considerando que el 80% de las aguas de un hogar son tratadas por esta tecnología, este alto volumen no entrará a los sistemas de tratamiento municipal, disminuyendo los costos por el tratamiento de estas aguas (Rodríguez & Cubas, 2019).

Las biojardineras, biofiltros o humedales artificiales son una gran alternativa para el tratamiento de aguas residuales sobre todo en la zonas rurales de un país debido a que combina la acción de retención mecánica de un material que actúa como filtro y de transformación biológica de los contaminantes retenidos en el agua que se pretende tratar, el objetivo principal de las biojardineras es limpiar el agua, para su posterior reutilización en el riego de los jardines o para el drenaje directo a cuerpos naturales de agua, es un sistema autosustentable ya que funciona por efecto de la gravedad, presenta un sencillo mantenimiento y tiene un costo de implementación bajo y sus costos de operación son casi nulos.

El problema principal a resolver con la presente investigación tiene que ver con las limitaciones que existen al tratar de describir las biojardineras como alternativas para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el contexto regional amazónico con énfasis para el caso ecuatoriano. Los problemas de las biojardineras están relacionados con desconocimiento de las publicaciones científicas que se han realizado en biojardineras para tratar aguas residuales en los países latinoamericanos y en el Ecuador, falta de comprensión del concepto de las biojardineras, desconocimiento de las especies vegetales amazónicas que tiene uso en el tratamiento de aguas residuales (Freire, 2019).

Habiéndose confrontado el problema general y específico antes mencionado, la presente investigación trata de responder a la siguiente interrogante general: ¿son las biojardineras una alternativa eficiente para el tratamiento de las aguas residuales domésticas? De la interrogante general se desprende interrogantes específicas como: ¿En qué localidades o países se han publicado investigaciones científicas relacionadas con las biojardineras para tratar aguas residuales domésticas? ¿En qué consiste el concepto de las biojardineras para tratar aguas residuales domésticas?, ¿Qué familias y especies vegetales reporta la literatura

son usadas para el tratamiento de aguas residuales? En función de la interrogante general expuesta la presente investigación tiene por objetivo general: Conocer sobre las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas: Una revisión regional amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano. Los objetivos específicos son: Identificar las localidades o países en donde se han desarrollado investigaciones científicas relacionadas con la biojardineras para tratar aguas residuales domésticas; Reconocer las familias y especies vegetales que reporta la literatura que son útiles para el tratamiento de aguas residuales y por último Identificar las tecnologías para tratar aguas residuales mediante biojardineras.

El artículo de revisión científica sobre las biojardineras para el tratamiento de aguas residuales está estructurado en las secciones siguientes: introducción, en este apartado menciona de manera cronológica el tema de los biojardineras desde su definición, objetivo importancia, problema y justificación de la misma, seguido se encuentra la metodología que explica el conjunto de métodos que se aplicó para realizar el presente estudio, en la cual se aplicó un diseño exploratorio bajo un enfoque cualitativo, por medio de fuentes secundarias, la siguiente sección se encuentra la presentación de los resultados la cual contiene la revisión bibliográfica de países en donde se realizó las publicaciones sobre las biojardineras como alternativa de tratamiento de las aguas residuales domesticas así como las familias, géneros y especies que han sido utilizados para el funcionamiento de biojardineras y por último la presente consta con el apartado de las conclusiones observándose que en cuatros países se ha realizado publicaciones sobre las biojardineras con un total de 24 publicaciones y que la familia con más número de reportes es la Cyperaceae, considerándose que las biojardineras son un sistema atractivo para el tratamiento de aguas residuales con gran aporte medio ambiental.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La presente investigación promueve el análisis de las biojardineras como alternativa para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el contexto amazónico regional y ecuatoriano; la investigación consistió en realizar una revisión de literatura del concepto, revisión de las familias y especies vegetales para tratar aguas residuales domésticas e identificar las políticas, planes, programas o proyectos relacionados con la biojardinera. Para la elaboración de esta investigación se realizó un estudio cualitativo exploratorio de revisión

de literatura secundario. Para desarrollar la investigación de información técnica y científica se empleó diferentes motores de búsqueda como bibliotecas virtuales, fuentes en líneas y revistas académicas, Scielo, Redalyc, LatinDex, Google Académico, PubMed, y repositorios de diferentes universidades dentro de Latinoamérica. Para la elegibilidad de los artículos se consideró criterios de inclusión y exclusión (Moher y otros, 2009). Dentro de este orden para la inclusión se optó por aquellos artículos que contengan: Concepto de biojardineras, familia, género, especie vegetal, contribución principal y las acciones reportadas en cuanto a políticas, programas y proyectos. Posteriormente los estudios no relacionados con los mencionados criterios se excluyeron de la investigación (Moher y otros, 2009; keshav, 2007; Parker y otros, 2016; Pillai, 2020).

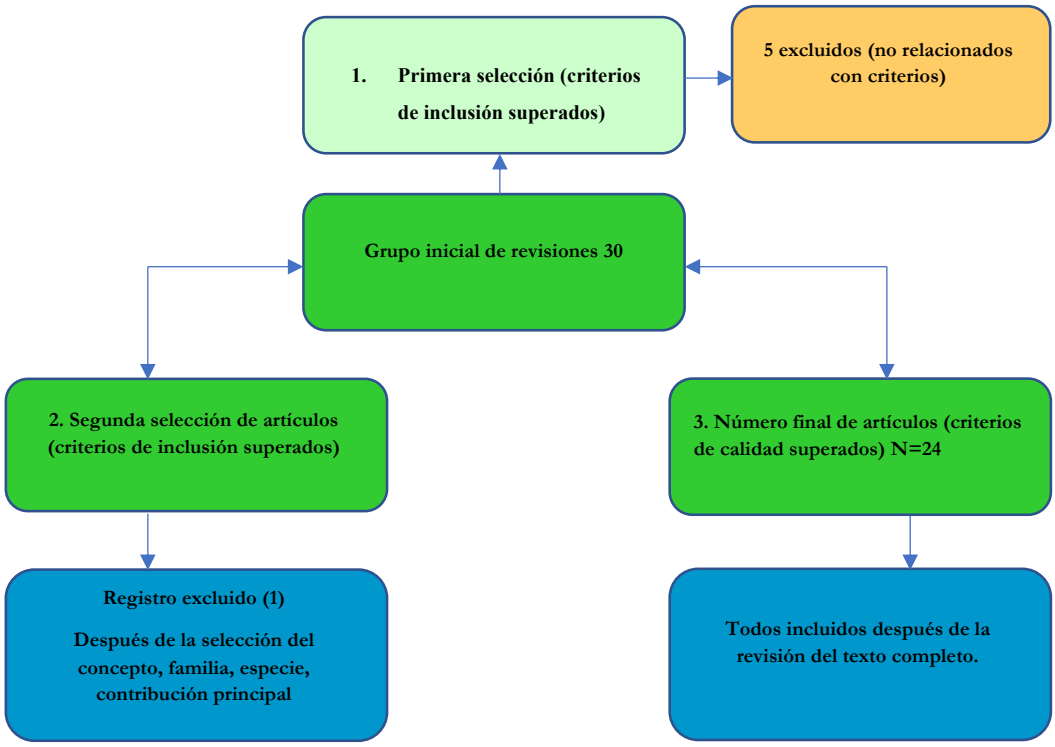


Figura 1. Gráfico de estudios incluidos en el proceso de revisión de las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (Julio, 2022).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Revisiones de países latinoamericano con publicaciones científicas en biojardinería para tratar aguas residuales domésticas

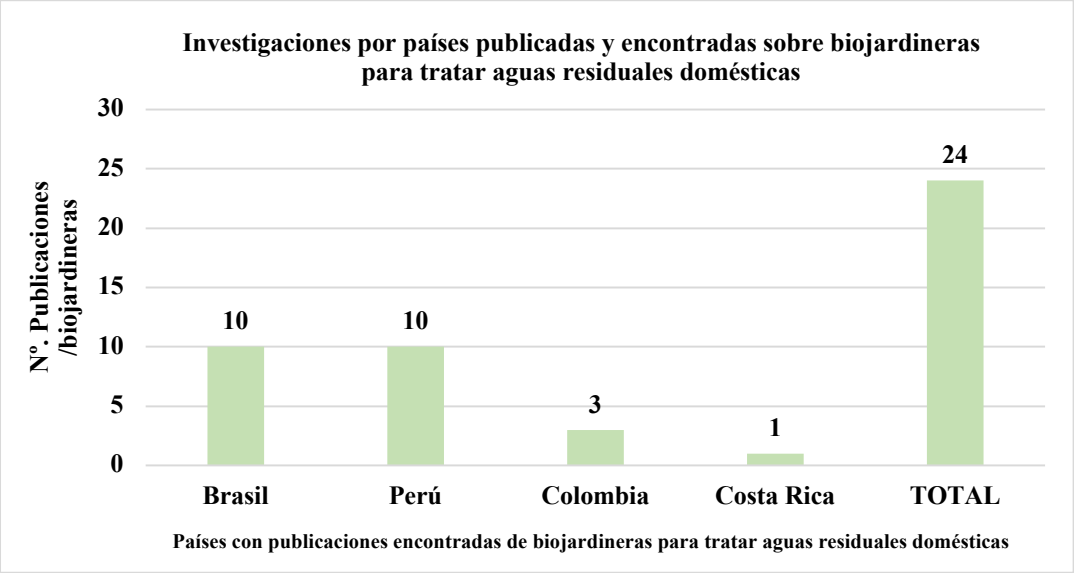


Figura 2. Publicaciones científicas realizadas en zonas Amazónicas de países latinoamericanos en biojardineras para tratar aguas residuales domésticas.

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la gráfica se observa las investigaciones por países publicados sobre las biojardineras para tratar aguas residuales, la cual indica que en Brasil y Perú se encontraron 10 publicaciones realizadas en cada uno, siendo los países que mayor número de publicaciones han realizado sobre el tema, seguido de Colombia con tres publicaciones y por último Costa Rica con una publicación resultando un total de 24 publicaciones.

3.2 Revisiones de publicaciones científicas realizadas en Ecuador sobre biojardineras para tratar aguas residuales domésticas

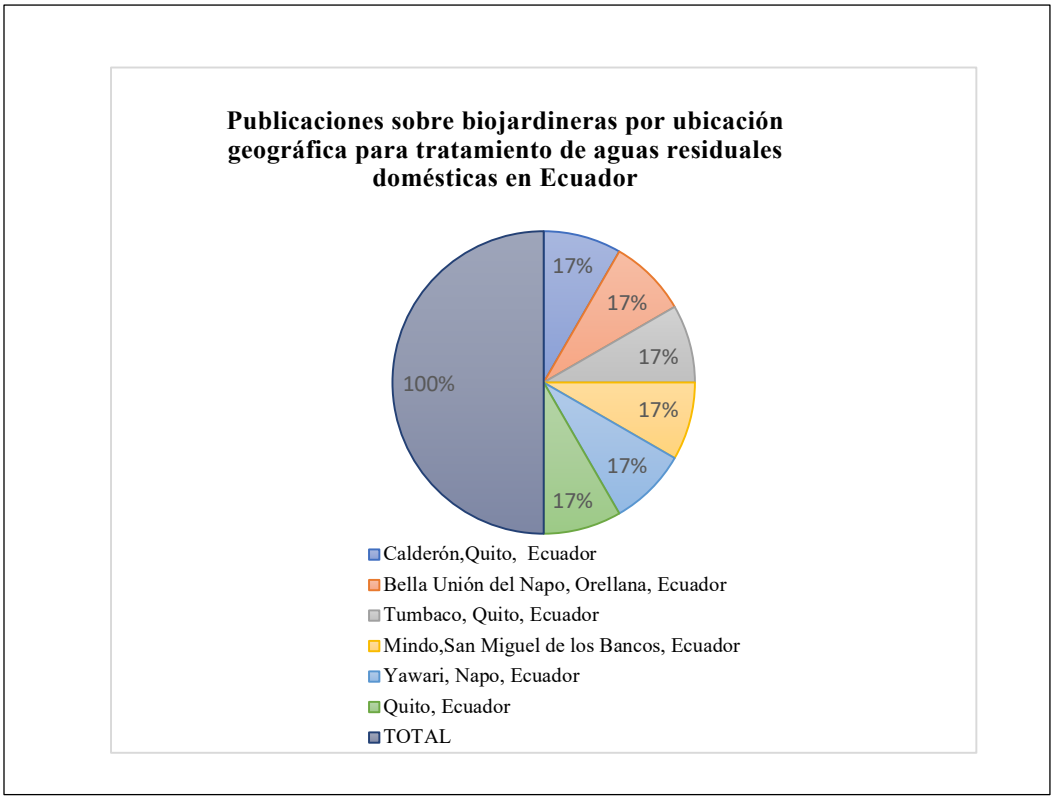


Figura 3. Publicaciones científicas ecuatorianas realizadas en biojardineras para tratar aguas residuales domésticas

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la gráfica se observa el porcentaje de la revisión de publicaciones realizadas en Ecuador sobre biojardineras para tratar las aguas residuales domésticas, por ubicación geográfica, la cual se obtuvo que, en Calderón de Quito, Bella Unión del Napo, Tumbaco de Quito, Mindo de San Miguel de los Bancos, Yawari del Napo y Quito obtuvieron el 17% en cada una de las ubicaciones mencionadas resultando el 100% en total.

3.3. El concepto de biojardineras y su relación con el tratamiento de aguas residuales domésticas

]

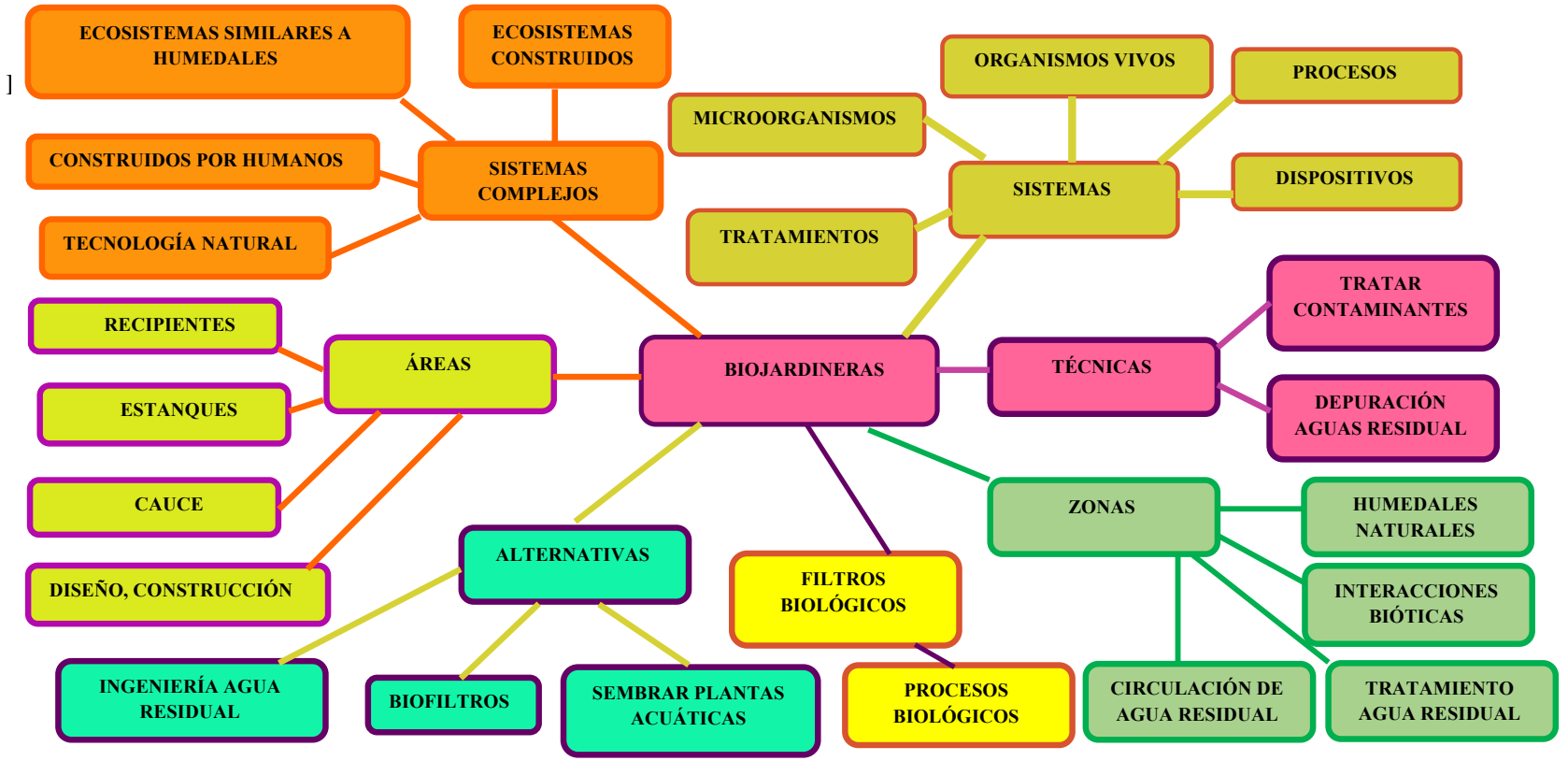


Figura 4. Términos claves del concepto de biojardineras y su relación con el tratamiento de aguas residuales

Fuente: Elaboración propia (2022).

La figura 4 representa los términos claves que explican el concepto de biojardineras y su relación con las aguas residuales domésticas. Según Nagamati, Fukuchima, & Mendes (2018) son sistemas diseñados para maximizar el potencial de mejorar la calidad de los efluentes, técnica prometedora para reducir la concentración de metales pesados en áreas contaminadas (Tesser, 2018); son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos (Forrero y Urrego, 2016); filtros biológicos de una capa poroso (piedra volcánica, grava), en el cual las plantas macrófitos se siembran en la superficie del lecho filtrante y las aguas residuales pre tratadas atraviesan de forma horizontal o vertical del lecho filtrante, en estos sistemas el nivel del agua se mantiene por debajo de la superficie del medio granular (Gómez y García 2018); alternativas viable y sustentable para la depuración de aguas residuales de tipo industrial, agropecuaria y doméstica, el uso de humedales artificiales tiene un menor costo en comparación con los sistemas de tratamiento de agua residual actuales como lo son las plantas de tratamiento, además la depuración de agua con humedales artificiales elimina rápidamente el olor y color de las aguas residuales ofreciendo una vista agradable al entorno (Cáceres y Fonseca, 2019); áreas que se encuentran llenas de agua con plantas emergentes que aprovechan las interacciones con los microorganismos y la atmósfera para remover la materia orgánica (Silva y Zamora, 2005); sistemas complejos e integrados en los que tienen lugar interacciones entre agua, planta, animales, microorganismos, energía solar, suelo y aire (Gómez, 2017); procesos donde se captan las aguas jabonosas de una vivienda, el cual se trata de eliminar grasas mediante un sistema de tratamiento de trampa de grasas (Rengifo y Rodríguez, 2018); sistemas que fijan la materia orgánica y demás contaminantes del agua residual y las transforman gracias a la presencia de microorganismos (Aponte, 2016); sistemas construidos usados para el tratamiento de agua residual municipales, domésticas o aguas grises, tratamiento y almacenamiento temporal de agua lluvia (Otárola, 2011); sistema que utiliza organismos vivos para descontaminar suelos o agua contaminada con el fin de recuperar los ecosistemas afectados (García, 2017); sistema que imita a los humedales naturales, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales (Rodríguez y Cuba, 2019); tecnología natural de tratamiento de

aguas residuales, de bajo precio, eco-tecnológica y biológica, diseñada con el fin de imitar los procesos de los ecosistemas de humedales naturales y se destacan como una alternativa potencial para el tratamiento de aguas residuales (Muñoz y Tello, 2020); son ecosistemas que imitan a los humedales naturales con el objeto de utilizar los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren de forma natural para la depuración pasiva del agua residual (Lovato, 2018); es un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas (macrófitas) enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado (Aguilar, 2020); humedales en los que interactúan componentes biológicos contenidos en las aguas residuales, junto a los elementos de la jardinera tales como raíces, piedras, agua y tierra (Quilumba y Vicuña, 2022); sistemas de depuración en los que se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las zonas húmedas naturales (Freire, 2019); sistemas de ingeniería, diseñados y construidos para utilizar las funciones naturales de los humedales, de la vegetación, los suelos y de sus poblaciones microbianas para el tratamiento de contaminantes en aguas residuales (Cabrera, 2016); sistema de depuración que funciona simulando un biofiltro, el cual combina el uso de plantas y microorganismos diversos para el tratamiento unificado de las aguas y los lodos (Montero, 2021); sistemas de Fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitos enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado (Herrera, 2018); recipiente o excavación impermeable que se puede construirse con diferentes materiales como concreto, ferrocemento, bloques o ladrillos, plástico reforzado con fibra de vidrio o simplemente logrando impermeabilizar el suelo con telas de plástico o con el mismo suelo, si es arcilloso (Shiguango, 2016); humedales construidos por el ser humano, en zonas donde previamente dichos no existían y que poseen como funcionalidad importante el procedimiento de las aguas residuales (Mena, 2022); ecosistemas construidos por el hombre y usados como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas grises (Tito, 2016); sistemas de circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular(subterráneo), con una profundidad cercana a los 0,6m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. los humedales de flujo subsuperficial son de dos tipos: humedal de flujo subsuperficial horizontal y humedal de flujo subsuperficial vertical (Rojas, 2018); y,

zanjas excavadas a mano e impermeabilizada en las paredes, dentro del sustrato se da un proceso biológico realizado por bacterias que se encuentran naturalmente dentro del mismo, así como en las raíces de las plantas, las cuales fijan y degradan nutrientes contenidos tanto en el agua como en el mismo suelo (Rodríguez & Cubas, 2019).

3.4. Familias y especies vegetales amazónicos registradas en la revisión de literatura para tratar aguas residuales

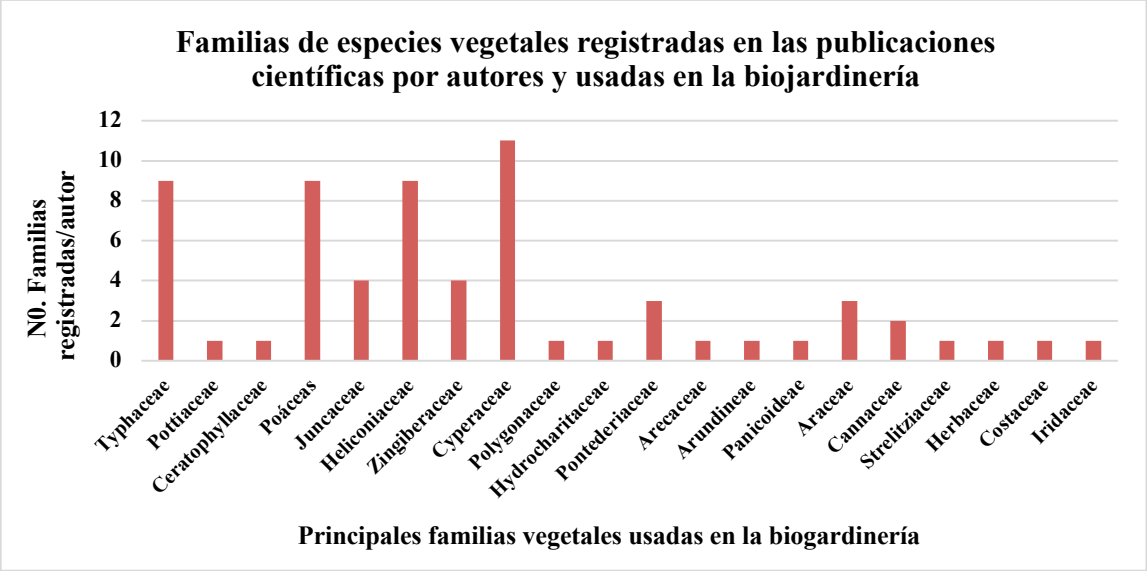


Figura 5. Gráfico de las familias de especies vegetales registradas en el proceso de revisión de las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia (2022).

En el presente gráfico se observa el número de familias vegetales registradas en las publicaciones científicas usadas en las biojardineras, la cual refleja que 24 familias vegetales son las principales utilizadas en este sistema de tratamiento, siendo la familia Cyperaceae la que presenta mayor uso en las biojardineras con una cantidad de 11 veces que ha sido utilizadas según las investigaciones, seguido la familia Poaceae, Typhaceae y la Heliconiaceae con una cantidad de nueve considerándose también las de mayor uso, posteriormente se observa que la familia de Zingiberaceae y la Juncaceae presentan una cantidad de cuatro, y las Pontederiaceae, Araceae, un número tres seguido de la familia de Cannaceae con dos, mientras que las familias de Pottiaceae, Ceratophyllaceae, Polygonaceae, Hydrocharitaceae Arecaceae, Arundineae, Panicoideae Strelitziaceae,

Herbaceae, Costaceae, Iridaceae obtuvieron la cantidad de uno cada familia, siendo las de menor cantidad de uso en las biojardineras.

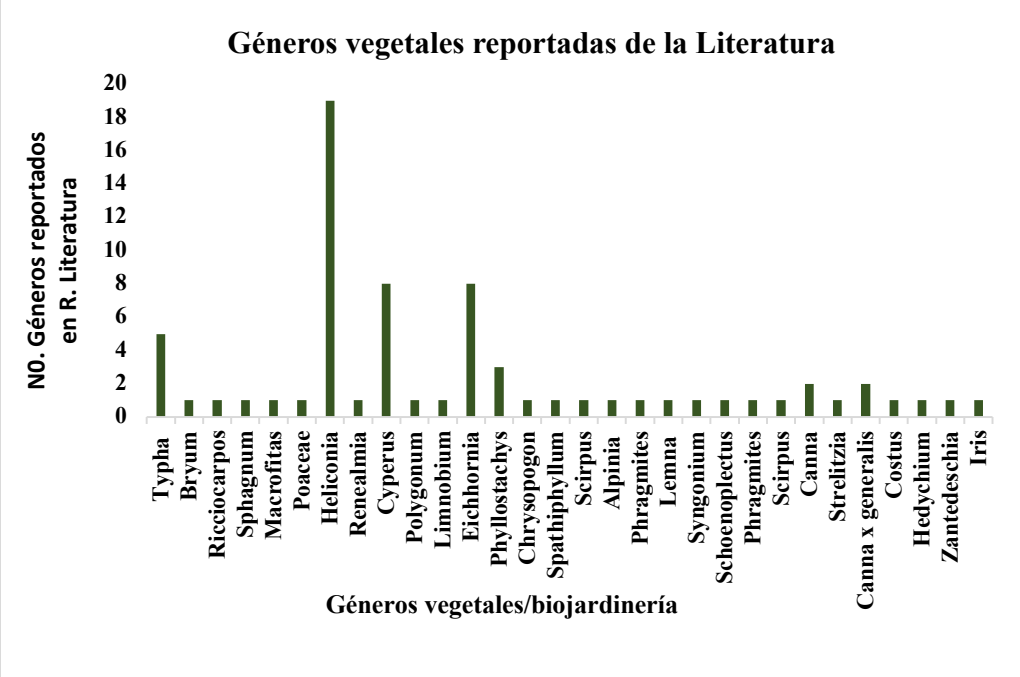


Figura 6. Gráfico de géneros vegetales reportadas por los autores en las publicaciones
Fuente: Elaboración propia (2022).

En la siguiente gráfica se observa el número de géneros de especies vegetales reportadas por los autores en las publicaciones utilizadas en las biojardineras reflejando el uso de 30 géneros, el mayor es del género de *Heliconia* con la cantidad de 19 veces que han sido reportados por los autores y los del género de *Cyperus* y la *Eichhornia* reflejó una cantidad de ocho, siendo estos los de mayor uso, mientras que los que reflejaron una menor cantidad son los del género de *Phyllostachys* con un número de tres y la *Canna x generalis* con dos, finalmente 22 géneros vegetales que indican en la gráfica se observó una cantidad de uno que han sido reportados por los autores en las publicaciones siendo estos los de menor uso.

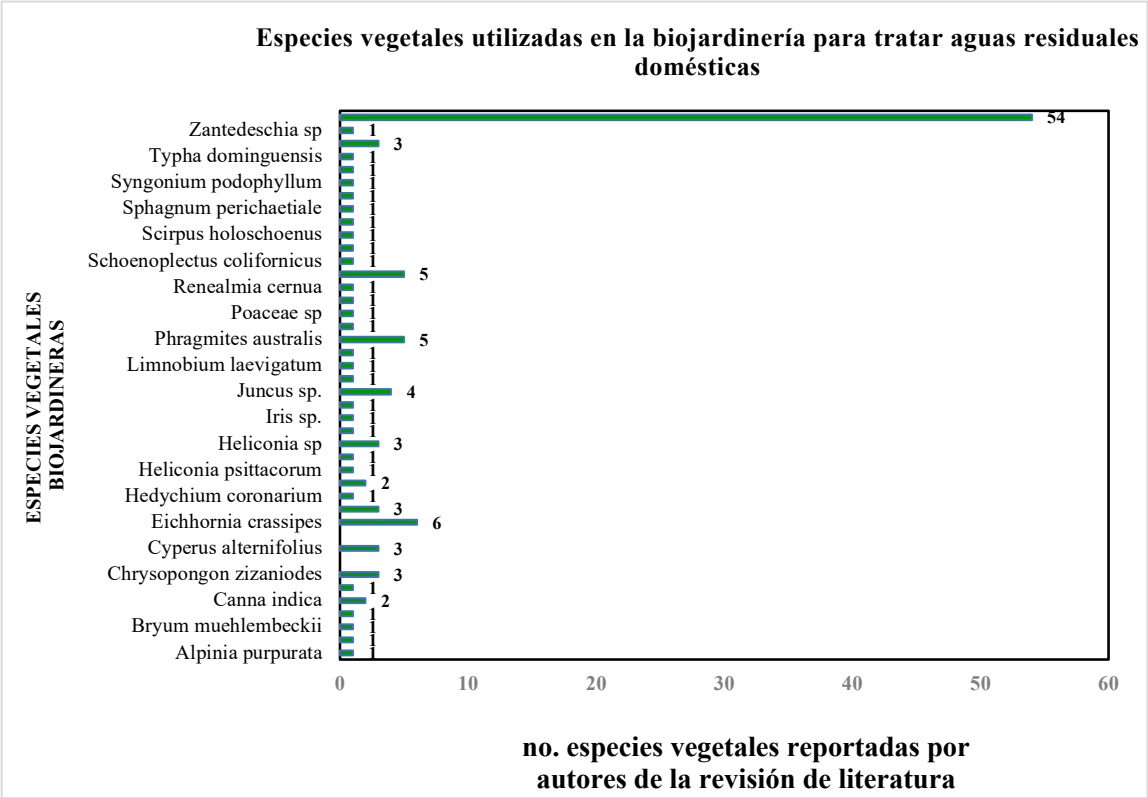


Figura 7. Gráfico de especies vegetales reportadas por los autores de publicaciones científicas de biojardineras para tratar aguas residuales domésticas.

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la gráfica se observa el número de especies vegetales reportadas por los autores utilizadas en las biojardineras para tratar aguas residuales, mismo que refleja un total de 41 especies vegetales reportados por los autores de las cuales el que presenta mayor uso en las biojardineras es la especie *Eichhornia crassipes* con una cantidad de seis veces que han sido reportadas por los autores seguido de las especies *Ricciocarpos natans* y la *Phragmites australis* con una cantidad de cinco, la *Phragmites australis, Juncus sp* con cuatro y la *Chrysopongon zizaniodes, Cyperus alternifolius, Eichornia sp, Heliconia sp, Typha latifolia* con una cantidad de tres veces cada especie mientras que la especie *Heliconia latispatha* y la *Canna* refleja una cantidad de dos, por último en la gráfica se observa que 28 especies vegetales han sido reportadas una sola vez cada especie, siendo estas las de menor uso en las biojardineras.

4. CONCLUSIONES

- Se identificó las localidades en donde se desarrolló las investigaciones relacionadas a las biojardineras reportando que en cuatro países que han realizado las publicaciones sobre el mencionado tema han reflejado un total de 24 estudios relevantes, considerando las biojardineras como una alternativa viable para la depuración de aguas residuales.
- Para la implementación de la biojardineras según la revisión bibliográfica las familias y especies vegetales que reportan ser de mayor utilidad para el tratamiento de las aguas residuales domesticas son de las familias Cyperaceae Poaceae, Typhaceae y la Heliconiaceae genero *Heliconia* y la especie *Eichhornia Cras sip,* dado que son plantas que contiene un gran rango de adaptación, y por ser dominantes en lugares con escasa posibilidad de desarrollar otras especies.
- Se identificó mediante la revisión bibliográfica que en los países latinoamericanos durante los últimos años se ha venido divulgando la tecnología de biojardineras como un sistema atractivo para el tratamiento de aguas residuales, el cual funciona como un biofiltro que combina las plantas y diversos microorganismos para su tratamiento, esto ha generado crear un gran aporte medio ambiental debido a sus bajos costos de implementación, ahorro del recurso hídrico, la producción de biofertilizantes y por el impacto visual positivo.

5. REFERENCIAS

Arteaga-Cortez, V. M., Quevedo-Nolasco, A., del Valle-Paniagua, D. H., Castro-Popoca, M., Bravo-Vinaja, Á., & Ramírez-Zierold, J. A. (2019). Estado del arte: una revisión actual a los mecanismos que realizan los humedales artificiales para la remoción de nitrógeno y fósforo. *Tecnologías y Ciencias Del Agua, 10*(5), 319–342. doi.org/10.24850/j-tyca-2019-05-12

Calle, M., & Coello, R. (2015). *Uso de humedales artificiales superficiales para remoción de contaminantes industriales*. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral). Recuperado de http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30736.

Cevallos, D., & Guañuna, J. (2019). *Implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises mediante biojardineras en una residencia de la parroquia calderón para su reutilización.* (Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito). Recuperado de https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20539

Escudero, C., & Cortez, L. (Coord.). (2018). *Técnicas y Métodos Cualitativos para la Investigación Científica.* Machala: Universidad técnica de Machala.

Freire, C. (2019). *Estudio de un sistema piloto para tratamiento de aguas residuales domiciliarias en la comunidad Bella Unión del Napo, provincia de Orellana.* (Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20076

Keshav, S. (2020). How to read a paper. *ACM CCR*, *37*(3), 83-84. Recuperado de https://web.stanford.edu/class/cs244/papers/HowtoReadPaper.pdf

Law, M., Stewart, D., Pollock, N., Letts, L., Bosch, J., & Westmorland, M. (1998). Critical review form–quantitative studies. *McMaster University: Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group*. Recuperado de https://www.unisa.edu.au/siteassets/episerver-6-files/global/health/sansom/documents/icahe/cats/mcmasters_quantitative-review.pdf

Lenis, V., & Bernal, D. (2019). Importancia de los humedales naturales y artificiales en el ámbito socio-ambiental. Una revisión bibliográfica. *Facultad de Ingeniería, Universidad Santiago de Cali, 22*(2), 1–15. Recuperado de https://131.196.214.157/bitstream/handle/20.500.12421/4453/IMPORTANCIA%20DE%20LOS%20HUMEDALES%20.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D., & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine, 6*(7), 1-6. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097

Montenegro-Rosero, K., Fernández, L., Villamar-Ayala, C., & Espinoza-Montero, P. (2019). Humedales artificiales y celdas de combustibles microbianas como sistemas individuales y combinados para el tratamiento de aguas residuales: una revisión. *InfoAnalítica, 7*(2), 15–37.doi: 10.26807/ia. v7i2.100

Mosquera-Beltrán, Y. (2012). Tratamiento de lixiviados mediante humedales artificiales: revisión del estado del arte. *Revista Tumbaga, 1*(7), 73–99. Recuperado de http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/377

Nagua, C. (2016). *Recuperación de aguas residuales grises mediante biofiltros.* (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi). Recuperado de

http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3564

Neira, S. (2008). *Manual De Biojardineras*. Recuperado de https://fdocuments.ec/document/manual-de-biojardineras-aula-instituto-nicaragueense-de-acueductos-y-alcantarillados.html?page=1

Narváez, J. (2020). *Uso de humedales artificiales para el tratamiento de efluentes de ganado porcino: Revisión de Literatura.* (Trabajo de grado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano). Recuperado de https://bdigital.zamorano.edu/items/3035afba-cad9-4ad8-9a10-47edb73657b8

Opitz, J., Alte, M., Bauer, m., & Peiffer, S. (2021). The Role of Macrophytes in Constructed Surface-flow Wetlands for Mine Water Treatment: A Review. *Mine Water Environ 40*, 587–605. doi: 10.1007/s10230-021-00779-x

Otero-Ortega, A. (2018). *Enfoques de investigación.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION

Parker, R., Visintini, S., Boulos, L., Ritchie, K., & Hayden, J. (2016). Supporting Knowledge Synthesis Methods Training: Review of the Evidence for Online Systematic Review Instruction. *Journal of the Canadian Health Libraries Association, 37*, 96-100. doi: 10.5596/c16-019

Parra, O. (2020). *Ajuste de los parámetros del modelo integral de una biojardinera con trampa de grasas bioactiva.* (Trabajo de grado, Universidad del País Vasco). Recuperado de https://fdocuments.ec/document/ajuste-de-los-parmetros-del-modelo-integral-de-una-.html?page=1

Pérez, Y. A., Garcia-Cortes, D., & Jauregui-Haza, U. J. (2022). Humedales construidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. *Ecosistemas, 31*(1), 2279–2279. doi: 10.7818/ECOS.2279

Pillai, V. (2020). Research Methodology: Literature Review. *ResearchGate*, 1-36. doi: 10.13140/RG.2.2.19772.18560

Rodríguez, J., & Cubas, A. (2019). *Efecto de biojardineras con los géneros Heliconia sp y Alpinia sp en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización - Rioja 2017.* (Trabajo de grado, Universidad Nacional de San Martín- Tarapoto). Recuperado de https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3459?show=full

Sánchez-Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática. *Aula Abierta*, *38*(2), 53–64. Recuperado de https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/5126/01720103011264.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sengupta, S., Nawaz, T., & Beaudry, J. (2015). Nitrogen and Phosphorus Recovery from Wastewater. *Current Pollution Reports, 1*(3), 155–166. doi: 10.1007/S40726-015-0013-1

Shiguango, O. (2016). *Diseño e implementación de una biojardinera mediante fitodepuración, para el tratamiento y reutilización de aguas grises domiciliarias en la comunidad de Yawari.* (Trabajo de grado, Universidad Nacional de Loja). Recuperado de https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17365

United Nations. (2015). *The Millennium Development Goals Report 2013.*Recuperado de https://www.undp.org/publications/millennium-development-report-2013

ANEXOS

1. MARCO TEÓRICO

1.1.ANTECEDENTES

1.1.1. Nivel Internacional

Según Guerra & Rodríguez (2018) en su investigación denominada "Evaluación de un sistema de biojardineras como alternativa de tratamiento de aguas jabonosas proveniente de la finca las parcelas" el cual tuvo como objetivo conocer la eficiencia en remoción de aguas jabonosas en un sistema de biojardineras que será instalado en la mencionada finca, se aplicó como metodología las entrevistas y mediante fuentes secundarias se desarrolló el diseño para la construcción de la biojardineras. Los resultados obtenidos del presente estudio fue que los resultados de los análisis del agua tratada en general fueron favorables sin embargo el parámetro de la DQO fue el único que obtuvo un porcentaje de remoción mínimo debido a sus altas concentraciones, esta investigación concluye que la instalación del sistema es económico y ambientalmente favorable.

De la misma manera Rodríguez & Cubas, Trabajo de grado (2019) en su investigación titulado "Efectos de biojardineras con los géneros *Heliconia sp* y *Alpinia sp* en la remoción de contaminantes de aguas grises domésticas y propuesta de reutilización - Rioja 2017" tuvo como objetivo determinar y comparar el efecto de los géneros *Heliconia sp y Alpinia sp* utilizando biojardineras. Los métodos utilizados fue la determinación de la población y muestra para determinar el caudal generado para el diseño de la biojardineras. Los resultados obtenidos en este estudio fue que se seleccionó tres viviendas para la instalación del biojardineras, dando como resultado un 89.3% del porcentaje de remoción en cuanto a la DBO, llegando a la conclusión que el tratamiento mediante biojardineras tiene un 95% de nivel de confianza siendo óptimos para la remoción de contaminantes en las aguas residuales doméstica.

1.1.2. Nivel Nacional

Según Cevallos & Guañuna (2019) en su investigación titulada "Implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises mediante biojardineras en una residencia de la parroquia "Calderón" para su reutilización" tuvo como objetivo principal Implementar un sistema de tratamiento con la finalidad de reducir la concentración de contaminantes presentes en el agua, los métodos aplicados para el levantamiento de información fue el

levantamiento del catastro predial, la identificación de número de residentes, además se realizó el muestreo y caracterización del afluente para el diseño de la biojardineras. Dando como resultados que el agua tratada cumple con la mayoría de los parámetros de los límites máximos permisibles llegando a la conclusión que la aplicación de la biojardineras es una alternativa eficiente.

Mientras que de acuerdo con Shiguango (2016) en su investigación que tiene por tema "Diseño e implementación de una biojardineras mediante Fito depuración, para el tratamiento y reutilización de aguas grises domiciliarias en la comunidad Yawari" mismo que tuvo como objetivo principal diseñar y construir la biojardinera. La metodología utilizada fue a través de la recopilación de información en campo, y para la evaluación de resultado físico químicos mediante el TULSMA, la construcción de la biojardineras se utilizado plantas como *la Canna x generalis, Costus scaber, Heliconia rostrata y Hedychium coronarium*. El presente estudio tuvo como resultado que previo al análisis el agua si cumple con los límites máximos permisibles excepto la DBO Y DQO, concluyendo que el agua aun no es apta para la descarga a un cuerpo de agua dulce siendo necesario variar más el tiempo de tratamiento.

1.2.REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.2.1. Biojardinera

La biojardinera es una especie de humedal artificial utilizado para el tratamiento de aguas residuales de viviendas y empresas. Estos sistemas imitan las funciones de los humedales naturales mediante el uso de procesos físicos, químicos y biológicos para limpiar el agua. Los beneficios de este sistema son múltiples: baja inversión inicial, bajo uso de energía y poco impacto en el mundo natural. Por otro lado, su alta capacidad de remoción de contaminantes los convierte en una excelente opción para el tratamiento de aguas grises en regiones rurales y particularmente en asentamientos más pequeños (Parra y otros, 2020).

1.2.2. Consideraciones de diseños aplicables para la biojardinera

La biojardinera es una tecnología utilizada para la depuración de aguas residuales y está constituida por tres principales fases: Pretratamiento, humedales y depósito del efluente. Las consideraciones que son aplicadas para el diseño de la biojardinera están basadas en referencias bibliográficas entre las cuales están el "Manual para la construcción y mantenimiento de biojardineras" (ACEPESA 2010) y el "Manual de biojardineras de

(Neira 2008) de las cuales se toma las siguientes consideraciones como la identificación de los residuos líquidos, especificaciones del terreno y el material que se debe utilizar para su construcción (Cevallos & Guañuna, 2019).

1.2.3. Vegetación para humedales

Una vez diseñado los parámetros para la construcción de la biojardinera, como último paso es la incorporación de las plantas mismas que deben cumplir con ciertas características para su optimo desarrollo en el humedal. Las plantas recomendadas para la implementación de la biojardinera son las macrófitas debido a que estas plantas presentan una facilidad de crecimiento y desarrollo (Calle & Coello, 2015).

1.2.4. Aguas residuales

Las aguas residuales generadas por las diferentes actividades que realiza el ser humano no deben ser dirigidas a los cuerpos receptores de agua sin haber realizado un previo tratamiento para la eliminación de los contaminantes presentes en el agua residual, de tal manera se cumpla con las normas establecidas para el descargo de aguas hacia los cuerpos receptores, de esta forma se eviten la propagación de contaminación del mencionado recurso (Freire, 2019).

1.2.5. Características

Las características de las aguas residuales varían dependiendo de las costumbres y estilos de vida de los residentes, de las fuentes de donde provengan, de la calidad del agua, de la red de abastecimiento y el tipo de red de distribución (Pérez et al., 2022).

1.2.6. Parámetros Físicos y Químicos

Las aguas grises presentan varios componentes, debido a que, la fuente de generación en su mayoría contiene productos no biodegradables, que pueden obtener modificaciones progresivas en la calidad del agua. Aceites y Grasas. Por lo general provienen en su mayoría de los desperdicios alimentarios, y estos son removidos en los primeros pasos de un tratamiento de agua, porque permanece en la superficie al ser sustancias inmiscibles, la presencia de estos contaminantes genera altos niveles de contenido orgánico que pueden ser analizados bajo los parámetros de DBO5 y DQO (Fernando et al., 2020).

1.2.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es el parámetro más importante ya que se trata del oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica, y también en este caso es el principal indicador del

funcionamiento del proceso de tratamiento del agua (Carlota, 2016).

1.2.8. Demanda Química de Oxígeno

Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica, la mayoría de su composición es la materia orgánica biodegradable, las grasas, las proteínas y los carbohidratos que consumen las personas (Fernando et al., 2020).

1.2.9. Nutrientes

Se refiere principalmente al nitrógeno y fósforo con sus derivados, la principal fuente de nutrientes proviene de los detergentes, obteniendo grandes concentraciones de estos en las muestras de agua (Arteaga-Cortez et al., 2019)

1.2.10. pH

Este parámetro ayuda a identificar si el agua es ácida o básica, siendo un pH neutral igual a 7, el cual ayuda a la actividad biológica. La mayor parte de las aguas grises son alcalinas por la gran presencia de jabón, desinfectantes o algún otro componente variando entre 6.7-8.7.

1.2.11. Sólidos

Se refiere aquellas partículas o sedimentos que provienen del lavado de frutas o verduras y también en el lavado de prendas de vestir. La concentración de estas depende de las actividades que realicen los habitantes de la residencia (Lenis & Bernal, 2019).

1.2.12. Sulfatos

Este contaminante en su mayoría proviene de los productos de las industrias químicas (colorantes, jabones, desinfectantes y detergentes) (Arteaga-Cortez et al., 2019).

1.2.13. Temperatura

Este parámetro ayuda a determinar un índice de crecimiento microbiano y procesos químicos dentro del agua, si la temperatura llega a ser alta, puede ser perjudicial por el agotamiento de oxígeno y si esta llega a ser baja, provoca un crecimiento microbiano y procesos químicos muy lentos, la temperatura de las aguas grises oscila entre 18-38 ºC (Nagua, 2016).

1.3.MARCO CONCEPTUAL

1.3.1. Aguas residuales

Son aquellas que fueron utilizadas para actividades de limpieza, provenientes de las lavadoras, lavamanos, fregadero de cocina, preparación de alimentos, entre otras actividades y que, a comparación con las aguas negras, poseen una baja carga de nutrientes y materia orgánica (Pérez et al., 2022).

1.3.2. Cuerpo receptor de agua

Cuerpo receptor es todo río, lago, cauce, depósitos de agua que son susceptibles a recibir directa e indirectamente la descarga de agua residual.

1.3.3. Depuración

Es la remoción de contaminantes presentes en el agua residual que genera la disminución de impactos ambientales.

1.3.4. Biojardinera

Se utilizan en el proceso de depuración tanto de aguas residuales domésticas como de aguas grises domésticas (agua contaminada por jabones y otros agentes de limpieza) de cocina, lavadero y baño (contaminadas con orina y heces).

1.3.5. Especie

Grupo de individuos que comparten características similares, son sexualmente compatibles, pero genéticamente segregadas por límites geográficos; esto explica alrededor de sexos en las especies restantes.

1.3.6. Familia

La familia es la categoría taxonómica que es superior al género e inferior al orden.

1.3.7. Fito depuración

Método de depuración basado en tratamientos biológicos, en el que las plantas cultivadas en agua rica en nutrientes tienen un efecto significativo y directo sobre las bacterias que colonizan el tubo digestivo. Significa "raíces y rizoma" en este contexto (Shiguango, 2016)

1.3.8. Género

Género es la categoría taxonómica intermedia entre la familia y la especie, es un grupo convencional.

1.4.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

1.4.1. DBO_5: La Demanda Bioquímica de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que los microorganismos requieren para degradar la materia orgánica en un periodo de 5 días.

1.4.2. DQO: la Demanda Química de Oxígeno son los productos químicos disueltos o suspendidos en una muestra líquida que se utilizan para determinar la cantidad de material que se puede oxidar.

1.4.3. LMP: Los Límites Máximos Permisibles se refiere a las emisiones, efluentes y descargas que son monitoreadas para detectar la presencia de componentes, químicos, parámetros físicos, parámetros químicos y biológicos, y sus concentraciones, que pueden ser nocivos para la salud humana y ambiental si superan los límites establecidos.

Tabla 1.- Matriz de artículos científicos

TEMA: Biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas: Una revisión regional amazónica con énfasis para el caso ecuatoriano							
OBJETIVO GENERAL: Analizar las biojardineras como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas en el contexto amazónico regional y ecuatoriano							
Nº	**Fuente: Concepto de Biojardinera y tipo de especies vegetales para tratamiento de aguas residuales domésticas (vivienda)**	**Tipo de Revisión de literatura**	**Concepto de Biojardinera**	**Familia**	**Género, Especie**	**Localización Amazónica (País, Departamento/Provincia, Altitud)**	**Contribución principal**
ARTÍCULOS EN EL CONTEXTO GLOBAL (CONTINENTES)							
REGIÓN AMAZÓNICA: BRASIL							
1	Nagamati, Fukuchima, & Mendes (2018)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son sistemas diseñados para maximizar el potencial de mejorar la calidad de los efluentes.	Typhaceae	*Typha latifolia*	Itapuranga, Goiás, Brasil	Implementar y verificar la eficiencia del humedal artificial para el tratamiento de efluentes domésticos
2	Tesser (2018)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Técnica prometedora para reducir la concentración de metales pesados en áreas contaminadas	Pottiaceae	*Bryum muehlembeckii Bruch & Schimp., Ricciocarpos natans (L.) Corda y Sphagnum perichaetiale Hampe*	Imbé, Brasil	Estudio de reducción de metales pesados por briofitas

REGIÓN AMAZÓNICA: COLOMBIA							
3	Rengifo y Rodríguez (2018)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Proceso donde se captan las aguas jabonosas de una vivienda, el cual se trata de eliminar grasas mediante un sistema de tratamiento de trampa de grasas.	Heloconiaceae, Zingiberaceae, Cyperaceae	*Heliconia sp (Heliconia fire opal), Heliconia wagneriana, Renealmia cernua, Cyperus papyrus.*	Huila, Colombia	Proceso de desarrollo de biojardinera
4	García (2017)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Sistema que utiliza organismos vivos para descontaminar suelos o agua contaminada con el fin de recuperar los ecosistemas afectados.	Typhaceae, Cyperaceae, Polygonaceae, Hydrocharitaceae, Pontederiaceae, Poacea	*Typha spp, Polygonum punctatum, Limnobium laevigatum, Eichhornia crassipes*	Cajicá, Colombia	Evaluación de biojardinera para descontaminación y recuperación del agua
5	Aponte (2016)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son sistemas que fijan la materia orgánica y demás contaminantes del agua residual y las transforman gracias a la presencia de microorganismos.	Juncaceae, Cyperaceae	*Juncus effusus, Cyperus alternifolius*	Cundinamarca, Colombia	Evaluación de biojardinera
6	Otárola (2011)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Sistemas construidos usados para el tratamiento de agua residual municipales, domésticas o aguas grises, tratamiento y almacenamiento temporal de agua lluvia.	Cyperaceae, Poaceae, Poaceae	*Cyperus Papytus, Chrysopogon zizanioides, phyllostachys aurea*	Manizales, Colombia	Evaluación y diseño de una biojardinera para tratamiento de aguas residuales

7	Forrero y Urrego (2016)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son zonas construidas por el hombre en las que, de forma controlada, se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes presentes en aguas residuales, que se dan en los humedales naturales mediante procesos físicos, biológicos y químicos	Ciperaceae	*Cyperus papyrus L.*	Suba, Colombia	Diseño de humedal artificial, evaluación de calidad del agua
8	Gómez y García (2018)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Consisten en un filtro biológico de una capa poroso (piedra volcánica, grava), en el cual las plantas macrófitos se siembran en la superficie del lecho filtrante y las aguas residuales pre tratadas atraviesan de forma horizontal o vertical el lecho filtrante, en estos sistemas el nivel del agua se mantiene por debajo de la superficie del medio granular	Ciperaceae	*Cyperus papyrus L.*	Usme, Bogotá, Colombia	Diseño de humedal artificial, evaluación de calidad del agua

9	Cáceres y Fonseca (2019)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son una alternativa viable y sustentable para la depuración de aguas residuales de tipo industrial, agropecuaria y doméstica, el uso de humedales artificiales tiene un menor costo en comparación con los sistemas de tratamiento de agua residual actuales como lo son las plantas de tratamiento, además la depuración de agua con humedales artificiales elimina rápidamente el olor y color de las aguas residuales ofreciendo una vista agradable al entorno	Arecaceae, Cyperaceae	*Spathiphyllum sp. (Anturio Blanco), Scirpus holoschoenus L. (Junco común)*	Bogotá, Colombia	Diseño de biojardinera
10	Silva y Zamora (2005)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son áreas que se encuentran llenas de agua con plantas emergentes que aprovechan las interacciones con los microorganismos y la atmósfera para remover la materia orgánica.	Typhaceae	*Typha Angustifolia L.*	Manizales, Colombia	Metodología para la construcción de biojardineras
REGIÓN AMAZÓNICA: PERÚ							
11	Rodriguez y Cubas (2019)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Es un sistema que imita a los humedales naturaleza, donde las aguas residuales se depuran por procesos naturales.	Heliconiaceae y Zingiberaceae	*Heliconia sp. (Heliconia) y Alpinia purpurata (Vieill.) K. Schum. (Alipinia*)	Moyobamba, Perú	Determinar y comparar el efecto de los géneros Heliconia y Alpinia en la remoción de contaminantes.

12	Gómez (2017)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son sistemas complejos e integrados en los que tienen lugar interacciones entre agua, planta, animales, microorganismos, energía solar, suelo y aire	Cyperaceae, Panicoideae, Poaceae	*Cyperus altemifolius, Crhysopogon zizanioides*	Lima, Perú	Diseñar y evaluar biojardineras para tratamiento de aguas hervidas
13	Tito (2016)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Ecosistemas construidos por el hombre y usados como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas grises.	Cyperaceae	*Cyperus alternifolius Rottb., 1772*	San Juan de Lurigancho, Perú	determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes
14	Muñoz y Tello (2020)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Tecnología natural de tratamiento de aguas residuales, de bajo precio, eco-tecnológica y biológica, diseñada con el fin de imitar los procesos de los ecosistemas de humedales naturales y se destacan como una alternativa potencial para el tratamiento de aguas residuales	Juncaceae, Arundineae, Typhaceae, Poaceae	*Juncus sp. (junco), Phragmites australis (carrizo), Typha dominguensis (totora), Chrysopogon zizanioides (vetiver), Cyperus papyrus (papiro),*	Cajamarca, Perú	Estudio documental

15	Rojas (2018)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Se caracterizan porque la circulación del agua en los mismos se realiza a través de un medio granular(subterráneo), con una profundidad cercana a los 0,6m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas. los humedales de flujo subsuperficial son de dos tipos: humedal de flujo subsuperficial horizontal y humedal de flujo subsuperficial vertical	Poaceae	*Chrysopongon zizaniodes*	Chota, Perú	Desarrollo de la biojardinera
16	Rodríguez y Cubas (2019)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Consiste en una zanja, excavada a mano e impermeabilizada en las paredes, dentro del sustrato se da un proceso biológico realizado por bacterias que se encuentran naturalmente dentro del mismo, así como en las raíces de las plantas, las cuales fijan y degradan nutrientes contenidos tanto en el agua como en el mismo suelo	Heliconiaceae	*(Heliconia sp y Alpinia sp*	Moyobamba, Perú	Evaluación de biojarinera

17	Mena (2022)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son humedales construidos por el ser humano, en zonas donde previamente dichos no existían y que poseen como funcionalidad importante el procedimiento de las aguas residuales	Pontederiaceae, Cyperaceae, Poaceae	*Eichhornia crassipes, Schoenoplectus colifornicus, y Phragmites australis*	Nueva Esperanza, Perú	Diseño y evaluación de biojardinera
18	Cabrera (2016)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Sistemas de ingeniería, diseñados y construidos para utilizar las funciones naturales de los humedales, de la vegetación, los suelos y de sus poblaciones microbianas para el tratamiento de contaminantes en aguas residuales.	Cyperaceae	*Scirpus Californicus*	Lima, Perú	Remoción de materia orgánica por macrófito
REGIÓN AMAZÓNICA COSTA RICA							
19	Montero (2021)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Un sistema de depuración que funciona simulando un biofiltro, el cual combina el uso de plantas y microorganismos diversos para el tratamiento unificado de las aguas y los lodos.	Heliconiaceae, Juncaceae	*Heliconia sp. (heliconias), Juncus sp. (Juncos*)	Pococí, Costa Rica	diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales

REGIÓN AMAZÓNICA ECUADOR							
20	Freire (2019	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son sistemas de depuración en los que se reproducen los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las zonas húmedas naturales	Heliconiaceae	*Heliconia Latispatha (Heliconia platanillo)*	Bella unión del Napo, Orellana, Ecuador,	Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales grises mediante la utilización de biojardineras.
21	Quilumba y Vicuña (2022)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son humedales en los que interactúan componentes biológicos contenidos en las aguas residuales, junto a los elementos de la jardinera tales como raíces, piedras, agua y tierra.	Cannaceae, Strelitziaceae	*Canna hybrids, Strelitzia reginae Banks: Heliconia bihai J. S. Mill.*	Tumbaco, Quito, Ecuador	Implementación de una biojardineras para la captación y tratamiento de aguas grises para su posterior reutilización.
22	Lovato (2018)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Son ecosistemas que imitan a los humedales naturales con el objeto de utilizar los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren de forma natural para la depuración pasiva del agua residual	Herbaceae, poaceae, heliconiaceae	*Phyllostachys aurea, cyperus papyrus L., Heliconia psittacorum L.F.*	Mindo, San Miguel de los Bancos, Ecuador	Diseño de biojardinera

23	Shiguango (2016)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Una biojardinera es un recipiente o excavación impermeable. Se podría construirse con diferentes materiales como concreto, ferrocemento, bloques o ladrillos, plástico reforzado con fibra de vidrio o simplemente logrando impermeabilizar el suelo con telas de plástico o con el mismo suelo, si es arcilloso	Cannaceae, Cannaceae, Costaceae, Heliconiaceae, Heliconiaceae, Zingiberaceae	*Canna indica L.*, 1753*, Canna x generalis* (L.H. Bailey, 1923), *Costus scaber* (Ruiz & Pav.), *Heliconia latisphata* Benth., *Heliconia rostrata* Ruiz & Pav. 1802 y *Hedychium coronarium J. Koenig*	Yawari, Napo, Ecuador	Diseño de biojardinera, evaluación de la eficiencia
24	Aguilar (2020)	Revisión exploratoria de literatura secundaria	Es un sistema de tratamiento de agua residual (estanque o cauce) poco profundo, construido por el hombre, en el que se han sembrado plantas acuáticas (macrófitos) enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado.	Araceae, Cannaceae, Iridaceae	*Zantedeschia sp., Canna sp. L.,* 1753*, Iris sp*.	Quito, Ecuador	Diseño de biojardinera

Fuente: Elaboración propia (2022).