



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CON HUMEDALES
ARTIFICIALES DE CINCO ESPECIES DE MACRÓFITAS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Keyla Madaly Muñoz Tello

Milagros Vasquez Perez

Asesor:

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a nuestros padres por todo su apoyo incondicional, por los consejos y valores que con su ejemplo nos inculcaron, y además de ello por todos los sacrificios que han hecho para poder hoy ser nosotros las personas y profesionales que somos.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas agradecemos en primer lugar a Dios por darnos la vida y en segundo lugar a todas las personas que hicieron posible esta investigación. Al Programa Nacional de Becas y Crédito por haber contribuido de manera constante en nuestra formación profesional a lo largo de estos años. A nuestros docentes por todos los conocimientos brindados los cuales fueron una clave fundamental para realizar esta investigación, en especial al M.Sc. Juan Carlos Flores.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN	viii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática.....	9
1.2. Formulación del problema.....	26
1.3. Objetivos.....	26
1.4. Hipótesis.....	27
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	28
2.1. Tipo de investigación	28
2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos).....	28
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	30
2.4. Procedimiento	31
2.5. Aspectos éticos	34
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	35
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	43
4.1. Discusión	43
4.2. Conclusiones.....	45

REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	52
ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	64
ACTA DE SUSTENTACIÓN TESIS.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites máximos permisibles.	25
Tabla 2: Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.	30
Tabla 3: Artículos incluidos en el estudio según las palabras clave utilizadas.	32
Tabla 4: Porcentajes de remoción de los humedales artificiales con las especies seleccionadas	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Humedales artificiales de flujo superficial.	17
Figura 2: Humedales artificiales de flujo subsuperficial de flujo vertical	18
Figura 3: Humedales artificiales de flujo subsuperficial de flujo horizontal	19
Figura 4: Porcentaje de remoción con el <i>Juncus sp</i> (junco).....	38
Figura 5: Porcentaje de remoción con el <i>Phragmites australis</i> (carrizo).....	39
Figura 6: Porcentaje de remoción con la <i>Typha dominguensis</i> (totorá).....	40
Figura 7: Porcentaje de remoción con el <i>Chrysopogon zizanioides</i> (vetiver).....	41
Figura 8: Porcentaje de remoción con el <i>Cyperus papyrus</i> (papiro).	42

RESUMEN

El objetivo de esta investigación descriptiva fue estudiar cuál es la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas: *Juncus sp.* (junco), *Phragmites australis* (carrizo), *Typha dominguensis* (tatora), *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), *Cyperus papyrus* (papiro), empleando la técnica de análisis documental donde se recolectan datos de fuentes secundarias como libros, tesis, revistas, artículos científicos, entre otros, empleando “el resumen selectivo”, se determinaron palabras claves, criterios de inclusión (autores, año de publicación, tipo de publicación, lugar donde se realizó el estudio y título del artículo). Toda la información fue debidamente citada y referenciada en formato APA 6ta edición.

Después de estudiar todos los artículos seleccionados, se recopiló de cada estudio los porcentajes de remoción de los parámetros de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes, mostrando los siguientes rangos globales de remoción : *Juncus sp.* 74.13% a 81.67%, *Phragmites australis* 67% a 89.5%, *Typha dominguensis* 93.57% a 96.77%, *Chrysopogon zizanioides* 88.09% a 91% y *Cyperus papyrus* 50.8% por lo tanto se concluye que la especie más eficiente para la remoción de contaminantes de las aguas residuales domésticas es la *Typha dominguensis*.

Palabras clave: Humedal artificial, aguas residuales domésticas, macrófitas.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El tratamiento de aguas residuales es de gran importancia para volver a utilizarla, evitar su contaminación, la del medio ambiente y daños a la salud pública, Reynolds (2002) indica que las aguas residuales albergan diversos microorganismos que causan enfermedades tales como la diarrea y la gastroenteritis las mismas que se encuentran entre las principales causas de muerte en el mundo y en la región Latinoamericana.

Esto se ha convertido en un problema a nivel mundial y el mayor impacto lo sufren aquellos países en vías de desarrollo que descargan cerca del 90% de sus aguas residuales sin ningún tratamiento a los ríos, lagos y zonas costeras (Olguín, Gonzales, Sánchez, Zamora y Owen, 2010). En el Perú el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento alguno y de las 143 plantas de tratamiento que existen, solo el 14% cumplen con la normativa vigente para su correcto funcionamiento. (Larios, González y Morales, 2015).

El costo para la construcción y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es bastante alto, SUNASS (2015) revela que para la adecuada operación de todas las PTAR del país se requiere de una inversión de 86 millones de nuevos soles por año, esto considerando la capacidad instalada de las PTAR en habitantes equivalentes y los valores medios de los costos para lagunas de 1.15 \$US/año cápita, para filtros percoladores de 2 \$US/año cápita y para lodos activados de 6 \$US/año cápita).

Teniendo en cuenta lo antes mencionado es indispensable la investigación e implementación de sistemas de tratamiento natural, sencillos de construir y operar, tales como los humedales artificiales.

Las primeras nociones científicas relacionadas con el uso de humedales artificiales para el tratamiento de aguas usadas, remontan a 1946 con el procedimiento llamado —Max Plank Institute System (MPIS) desarrollado por Seidel el cual conlleva varias etapas sucesivas. Las plantas generalmente utilizadas son el *Phragmites australis* (Carrizo), la *Scirpus sp.* (scirpe), *Iris sp.* (Iris) y *Typha sp.* (quenuilla) (Londoño y Marín, 2009).

Mena (2008) indica que el progresivo interés por la implementación de estos sistemas son debido a muchos aspectos tales como, proporcionan un tratamiento eficaz eliminando diferentes contaminantes de las aguas residuales, sus costes de inversión, operación y mantenimiento son menores que otros sistemas y están incorporados en el paisaje y pueden contribuir al desarrollo de la vida silvestre.

Arcos, Cantellano, Alejo, García y Solís (1999) al nivel internacional consideraron que desde 1976 se reportan en Sudáfrica, Estados Unidos y Gran Bretaña experiencias en sistemas con áreas inundadas, como pantanos y manglares naturales y a partir de 1986 se empiezan a introducir los sistemas de humedales construidos. En la actualidad este tipo de sistemas se aplica en varios países de Europa, América, África y Australia, no solamente para tratar aguas residuales domésticas sino también para tratar efluentes con muy distintas características.

Por ejemplo, en un estudio realizado en México, Castañeda y Flores (2013) indicaron que con el uso de humedales artificiales de carrizo, hubo una remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno de 86% y de aceites y grasas 58%.

A nivel Nacional Minchola y Gonzales (2013) han realizado una investigación, en donde se analizó el potencial y la viabilidad de uso de un humedal artificial con la especie de totora para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la minera “Barrick” para mitigar el impacto sobre el medio ambiente, donde los resultados permitieron estimar la eficiencia de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (73.00%), Sólidos Totales en Suspensión (84.00%), Coliformes Termotolerantes (93.00%) y Coliformes Totales (86.00%).

Considerando que estos sistemas han sido implementados en diferentes países del mundo con éxito sobre todo en pequeñas y medianas comunidades es necesario la investigación universitaria en temas de relevancia ambiental y social para brindar iniciativas a las comunidades que requieren el apoyo para mejorar su calidad de vida, desde este punto de vista se plantea la presente investigación que busca realizar una investigación para identificar cuál de las macrófitas *Juncus sp.* (junco), *Phragmites australis* (carrizo), *Typha dominguensis* (totora), *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) o *Cyperus papyrus* (papiro), es más eficiente en la remoción de contaminantes en el tratamiento de las aguas residuales domésticas mediante el uso de humedales artificiales.

Para el presente proyecto se utilizarán las siguientes definiciones conceptuales:

Aguas Residuales

Las aguas residuales por lo general son una mezcla de todo efluente generado por diversas actividades antropogénicas que son derramadas sin tratamiento ocasionando impactos negativos hacia el medio ambiente y la salud humana. Por ello es necesario tomar medidas de prevención mediante diferentes tipos de tratamientos de aguas residuales. (Romero, 2010)

Aguas residuales domésticas

Las aguas residuales domésticas son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado. La composición varía influenciada por algunos factores como son los hábitos alimentarios, consumo de agua, uso de productos de limpieza en el hogar, etc, asimismo sufre también diversificaciones respecto al tiempo, cambian en el transcurso de las distintas horas del día, en función de los días de la semana y se presentan variaciones estacionales (Espinoza, 2014).

Composición de las aguas residuales domésticas

Seoanez (1995), señala que los constituyentes encontrados en las aguas residuales domésticas pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. De los constituyentes de agua residual, los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos biodegradables y los organismos patógenos son de mayor importancia, y por ello la mayoría de instalaciones de manejo de aguas residuales domésticas deben ser diseñadas para su remoción. La composición de las aguas residuales es muy variada. Para el caso particular de aguas residuales domésticas se tienen estudios que permiten determinar los contaminantes presentes, así como los rangos de concentración de las mismas.

Principales contaminantes de las aguas residuales domésticas

Díaz y Valdivia (2018), indican lo siguiente:

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅): representa a la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos y reacciones químicas, indica la cantidad de materia orgánica presente en el agua.

Demanda química de oxígeno (DQO): representa la cantidad de oxígeno que se ha gastado para poder efectuar las reacciones químicas.

Nitrógeno: Se encuentra en diferentes formas amoniacales como por ejemplo, nitritos y nitratos.

Fósforo total: Se encuentra presente en el agua, debido a los vertidos urbanos e industriales, siendo indispensable para que los microorganismos se desarrollen, pueden estar presentes como fosfatos.

Por su parte Bustamante y Pérez (2019), indican:

Sólidos totales: Los sólidos totales se clasifican según su tamaño; sólidos suspendidos: son las partículas flotantes como animales, basuras, restos de vegetales lo cual pueden ser perceptibles a simple vista esto nos facilita la separación de los sólidos por medios físicos sencillos, también pueden ser sólidos sedimentables que por su peso y tamaño la gravedad les deposita en el fondo de los receptores

Coliformes: Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5 °C (coliformes totales).

Aquellas que tienen las mismas propiedades a 44.5 ± 0.2 °C en 24 horas se denominan coliformes fecales (ahora también denominados coliformes termotolerantes) (Montalván y López, 2017).

Definición de humedal artificial

“Los humedales artificiales son una 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” (ONU- HABITAT, 2008, p.13).

Según Minchola y Gonzales (2013) la tecnología de los humedales artificiales está definida como un complejo ecosistema de sustratos saturados, vegetación (macrófitas) y agua, cuyo objetivo es la remoción de la mayor cantidad de contaminantes del agua residual a través de mecanismos de depuración que actúan en los pantanos como la remoción de sólidos suspendidos por sedimentación y filtración; biodegradación de la materia orgánica a partir de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos; eliminación de microorganismos patógenos por sedimentación, filtración, toxicidad por antibióticos producidos por las raíces de las macrófitas, absorción en partículas de arcilla y la acción depredadora de otros organismos.

Elementos de los humedales artificiales

Carvajal, Zapattini y Quintero (2018) indican que los humedales están constituidos por los siguientes elementos:

- Agua a tratar: Circula a través del sustrato filtrante y/o de la vegetación.
- Sustrato: Esta generalmente compuesto por grava y/o arena, tiene la finalidad de servir de soporte a la vegetación y de permitir la fijación de la población microbiana

(en forma de biopelícula), que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes presentes en las aguas a tratar, tiene que tener la permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él.

- **Vegetación: (macrófitas):** Las macrófitas están adaptadas a crecer bajo condiciones de suelos saturados por agua, porque tienen desarrollado un sistema de grandes espacios aéreos internos. Estos sistemas internos les permiten la provisión de aire bajo condiciones de suelo saturado con agua desde la atmósfera hacia las raíces y rizomas (Ramírez, 2014).

Proporcionan superficie para la formación de películas bacterianas, facilitan la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual, contribuyen a la oxigenación del sustrato y a la eliminación de nutrientes y controlan el crecimiento de algas, al limitar la penetración de la luz solar (p. 12).

Especies de vegetación

Existe gran variedad de plantas que se utilizan para tratamiento de aguas residuales en mediante los sistemas de humedales artificiales, dependen del tipo de humedal construido y se clasifican en tres grupos: flotantes, sumergidas y emergentes. Los tres grupos son aptas para humedales construidos de tipo superficial, pero solo las especies emergentes son utilizadas en los humedales de tipo sub-superficial.

- **Flotantes:** Son aquellas plantas que tienen todo su cuerpo vegetativo flotando total o parcialmente en el agua, entre ellas tenemos:
 - *Azolla Filiculoides* (Flor del Pato)
 - *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)
 - *Chrysopogon zizanooides* (Vetiver)

- Sumergidas: Especies cuyo cuerpo vegetativo está inmerso en el agua, pero con la característica que se encuentran arraigadas al sustrato. Sus flores y hojas pueden estar flotando en la superficie del agua.
 - *Ceratophyllum demersum* (Hilo de agua)
 - *Egeria densa* (Luchecillo)
 - *Potamogeton linguatus* (Huiro, Ahuiranque)

- Emergentes: Son plantas que tienen gran parte de su cuerpo vegetativo fuera del agua, pero sus raíces y parte del tallo y hojas se encuentran sumergidas.
 - *Alisma lanceolatum* (Llantén de agua, Hualtata)
 - *Canna Lily* (*Canna* spp.)
 - *Colocasia esculenta* (Taro, Elephant ear)
 - *Phragmites australis* (Carrizo)
 - *Typha dominguensis* (Totora)
 - *Juncus* sp. (Vidal y Hormazábal, 2016).

Tipos de Humedales

Humedales artificiales de flujo libre o superficiales: Están diseñados para que el agua a tratar se desplace por encima del sustrato, ayudando a que los procesos anaerobios se realicen con más facilidad puesto que el agua residual se encuentra en contacto directo con la atmósfera, son utilizados mayormente para tratar aguas residuales que tienen un tratamiento previo también para restaurar ecosistemas acuáticos.

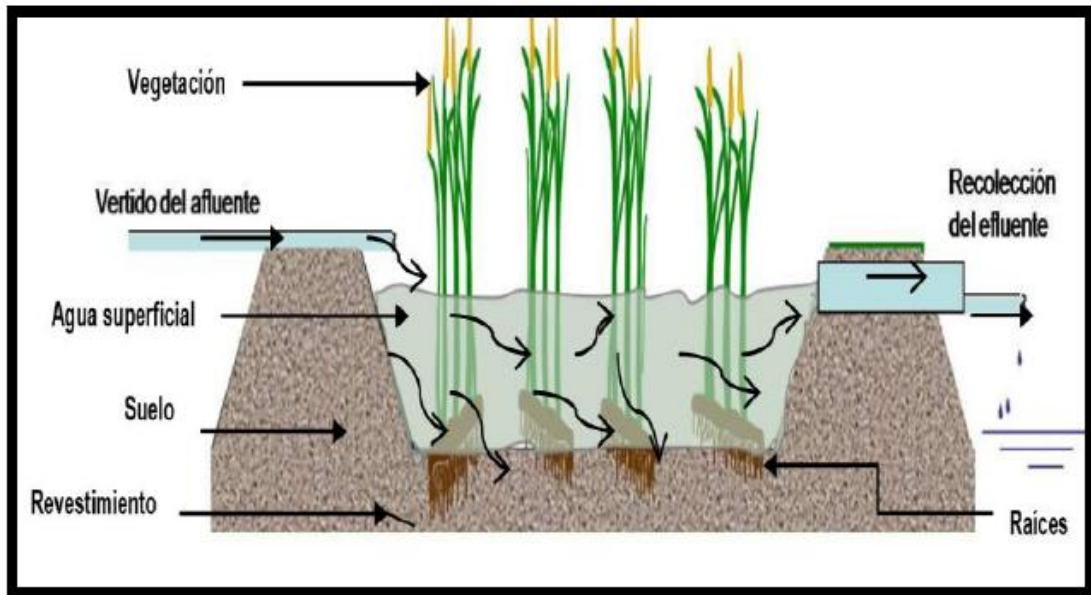


Figura 1: Humedales artificiales de flujo superficial.

Humedales artificiales de flujo sub-superficial: son aquellos en los cuales el agua pasa por el sustrato, generalmente se utilizan para tratar aguas residuales provenientes de poblaciones pequeñas. Es necesario que el fondo del lecho del humedal tenga una pendiente de 1% para facilitar el tránsito del agua mediante el sustrato. Según el tipo de flujo del agua se dividen en dos grupos:

Humedales artificiales de flujo sub-superficial vertical: el agua residual se desplaza a través del sustrato de forma vertical en intervalo, para poder favorecer a los procesos anaerobios como la nitrificación, se coloca conductos que permitan la aireación y se pueda producir la remoción de contaminantes (Los humedales artificiales: Componentes y tipos, 2013).

El medio granular no está permanentemente inundado. La profundidad del medio granular es de entre 0.5 y 0.80 m. Operan con cargas de alrededor de $20\text{-}40 \text{ g DBO}_5/\text{m}^2 \times \text{día}$, producen efluentes de mayor oxigenación y están libres de malos olores. La alimentación se realiza distribuida uniformemente y habitualmente por cargas por toda la superficie, y la recogida a lo largo de

todo el fondo. Los sistemas verticales tienen una mayor capacidad de tratamiento que los horizontales (requieren de menor superficie para tratar una determinada carga orgánica). Por otra parte, son más susceptibles a la colmatación. (García y Corzo, 2008).

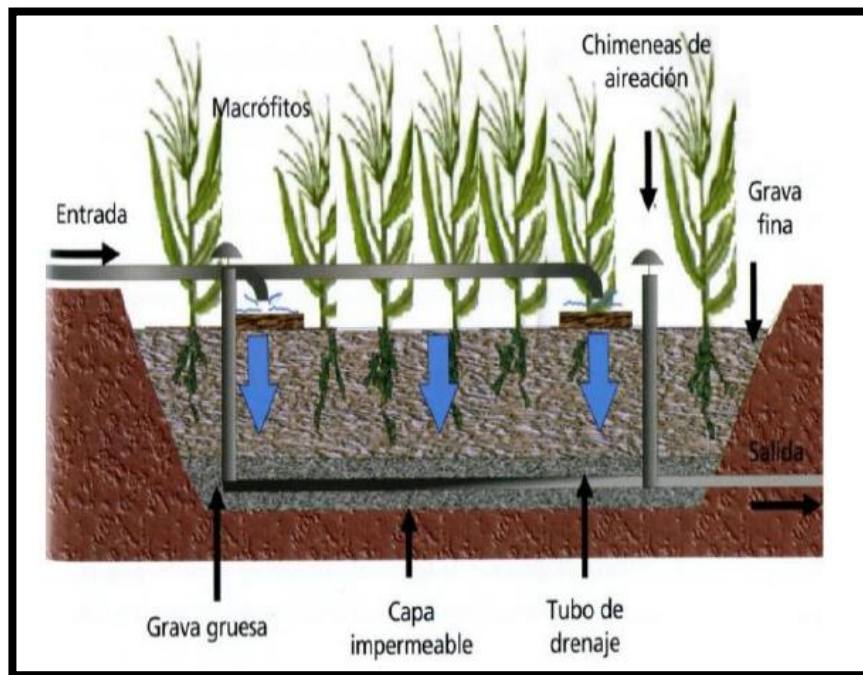


Figura 2: Humedales artificiales de flujo subsuperficial de flujo vertical

Humedales artificiales de flujo sub-superficial horizontal: el agua residual a tratar se desplaza de forma continua de forma horizontal a través del sustrato, se desarrollan diversos procesos entre ellos la desnitrificación, las condiciones anaerobias serán óptimas si el nivel del agua se encuentra debajo del sustrato.

(Los humedales artificiales: Componentes y tipos, 2013).

En este tipo de sistemas el agua circula horizontalmente a través del medio granular y los rizomas y raíces de las plantas. La profundidad del agua es de entre 0.3 y 0.9 m. Se caracterizan por funcionar permanentemente

inundados, el agua se encuentra entre 0.05 y 0.1 m por debajo de la superficie (García y Corzo, 2008).

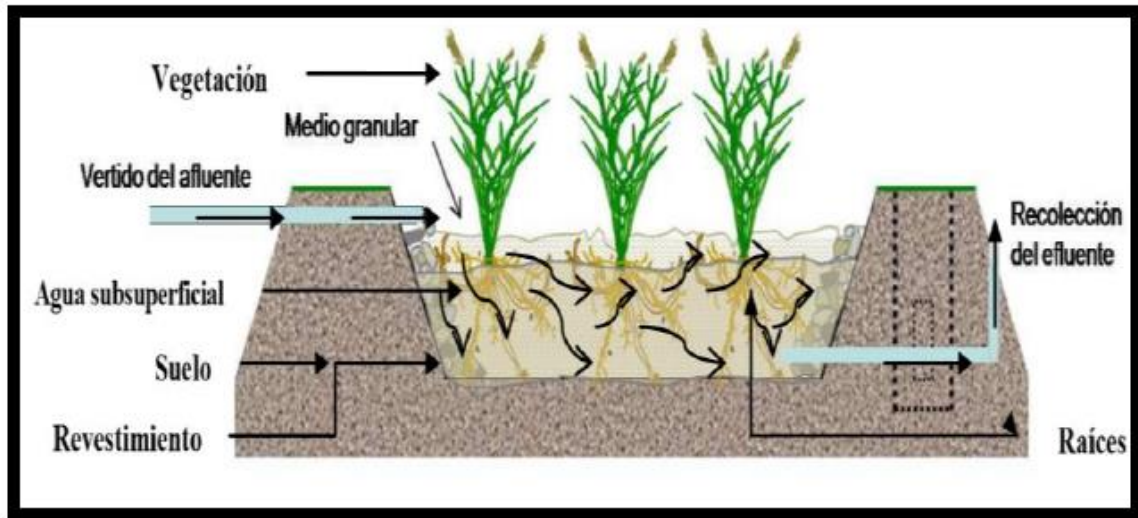


Figura 3: Humedales artificiales de flujo subsuperficial de flujo horizontal

Tiempo de retención hidráulica

Según los criterios de Dayna, (2013) recomienda que el agua debe estar de 2 a 10 días, mientras más días el agua este en el humedal, mejor será el tratamiento (p.6).

Microorganismos

Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el Oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el Oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección. Los principales microorganismos presentes en la biopelícula de los humedales son: helmintos, bacterias, levaduras, hongos, virus y protozoarios. El indicador más utilizado

son los coliformes fecales, aunque también se ha estudiado el comportamiento en humedales construidos de otros grupos microbianos, como los estreptococos fecales, la actividad microbiana tiene la función de transformar un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles y alterar las condiciones de potencial de reducción y oxidación del sustrato afectando así a la capacidad de proceso del humedal. Asimismo, gracias a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se convierten en gases que son liberados a la atmósfera (Rubio y Montenegro, 2018)

Mecanismos de remoción

En un humedal artificial se desarrollan diferentes mecanismos de remoción de contaminantes del agua residual. Un amplio rango de procesos biológicos, físicos y químicos tienen lugar, por lo tanto, la influencia e interacción de cada componente involucrado es bastante compleja (Delgadillo, Camacho, Pérez y Andrade 2010).

Remoción de sólidos en suspensión

Los sólidos son removidos mediante el proceso de filtración ya que el sustrato que se emplea en humedales es arena y grava por lo general. Las raíces de las macrófitas y el sustrato reducen la velocidad del agua, favoreciendo la sedimentación de sólidos. Sin embargo, se recomienda un tratamiento previo para evitar la rápida colmatación del humedal (Rubio y Montenegro, 2018).

Remoción de DBO₅

La eliminación de la DBO₅ ocurre rápidamente por sedimentación y filtración de partículas en los espacios entre la grava y raíces, esta es eliminada por los microorganismos que crecen en la superficie de la grava, raíces y rizomas de las

macrófitas. La materia orgánica es degradada de forma aerobia en micro sitios de la superficie de las raíces de las plantas, pero en el resto de lecho sumergido ocurre de forma anaerobia: fermentación mecánica y sulfato de reducción. La temperatura tiene una influencia muy fuerte, por lo que se observan variaciones estacionales en la DBO₅ del efluente. Se puede obtener una DBO₅ por debajo de 25 mg/L, aunque no es posible bajar de una DBO₅ de 7-10 mg/L, que parece proceder de residuos orgánicos del propio sistema y no del agua residual original (Montalván y López 2017, p.24).

Remoción de materia orgánica

La remoción de materia orgánica tiene lugar principalmente mediante biodegradación aeróbica o anaeróbica y una pequeña porción también es removida por procesos físicos como la sedimentación y filtración, cuando la materia orgánica es fijada a los sólidos suspendidos. La biodegradación es realizada por los microorganismos que están adheridos a la planta, en particular a las raíces y a la superficie de los sedimentos (Ramírez, 2014, p.29).

Remoción de patógenos

La eliminación de organismos patógenos en los humedales tanto verticales como horizontales depende de factores como filtración, adsorción, depredación, tiempo de permanencia y medio granular. Cuan menos es el diámetro del medio granular, mayor es el nivel de eliminación obtenido. Se suele utilizar organismos indicadores de contaminación fecal tales como coliformes fecales; el grado de eliminación obtenido en humedales horizontales es similar a los obtenidos en los verticales, los mismos que oscilan entre 1-2 Unidades Logarítmicas/100 ml, pero estos valores no

son aptos para el riego agrícola por lo que se recomienda dotar al sistema de humedales de lagunas o humedales de flujo superficial que favorece la desinfección. También se puede clorar el efluente (Montalván y López, 2017, p.28).

Especies de macrófitas seleccionadas para describir

***Phragmites australis* (Carrizo)**

Pertenece a la familia Poaceae, llega a tener una altura de 1.5 a 3 m con una profundidad radical de 0.7 – 0.8 m, absorbe contaminantes tales como plomo y zinc, contiene rizomas que penetran vertical y profundamente, en el sustrato o fango del humedal, por ello el efecto oxigenador es potencialmente mayor, germinan en aproximadamente 5 días en condiciones de humedad a 20-24°C, el carrizo es una planta que produce mucha biomasa, y tiene un pH entre 2 – 8. (Torres, Magno, Pineda y Cruz, 2017)

***Cyperus papyrus* (Papiro)**

Pertenece al género de *Cyperus* y de la familia Ciperaceae, su nombre común es el papiro. Presenta ciertas características que le permiten un buen desempeño como macrófita enraizada, al ser perenne, poseer grandes rizomas y espigas cilíndricas, tolerar temperaturas de 20 a 33 °C y pH entre 6 y 8, entre otras; además de su capacidad para soportar altos niveles de insolación, resistencia a plagas y su adaptabilidad a condiciones climáticas tropicales (Aragón, Parra y Peña, 2015).

***Chrysopogon zizanioides* (Pasto vetiver)**

Pertenece al género de *Crisopogon* y a la familia Poaceae, su nombre común es el pasto vetiver, crece en grandes macollos a partir de una masa radicular muy

ramificada, sus tallos alcanzan una altura de 1.5 m y las hojas hasta 75 cm de largo. Es un pasto perenne con raíces adventicias fibrosas que alcanzan una profundidad de 3.6 m en 12 meses y hasta 5 m de largo. (Ramírez, 2014).

Sus características permiten que sea resistente y pueda sobrevivir a sequías extremas gracias a que puede adsorber humedad de las profundidades del suelo (Altamirano, 2011). 0.48 kg de raíces secas por planta después de pasar 8 meses de haberlo sembrado lo interesante de esta macrófitas es la resistencia que tiene en condiciones extremas de salinidad, acidez y alcalinidad (Truong y Chavez, 2010).

***Typha dominguensis* (totora)**

Es una monocotiledónea, pertenece a la familia Typhaceae. Se dice que es una hierba perenne, rizomatosa que crece aproximadamente de 1 a 5 metros de altura, se caracteriza por poseer hojas con láminas lineares acintadas, que miden aproximadamente de 40 a 120 cm de largo y 0.5 a 2 cm de ancho, mostrándose plana en la cara superior y levemente convexa al inferior de la planta. Sus flores son unisexuales, pequeñas, dispuestas en espigas densas. Presenta flores estaminadas que se encuentra en la parte superior de la espiga, además tienen flores postiladas que se encuentran en la parte basal, esta especie florece en la primavera, su fruto fusiforme mide aproximadamente 1 a 1.5 mm de largo. Están distribuidas en pantanos y humedales, tiene una amplia distribución mundial, formando densas colonias de totorales. Debido a su elevada resistencia hacia los contaminantes, esta especie es evaluada y utilizada para los tratamientos de diversos efluentes en los humedales naturales y artificiales. (Torres, 2017, p.17).

***Juncus sp* (Junco)**

Origen y dispersión: El junco (género *Juncus* L. 1753) es una planta de la familia de las juncáceas, muy común en la cuenca mediterránea, en América y África, con más de 225 especies. Es una planta cespitosa perenne de color verde oscuro que forma matas de 1.5-2 m de altura. Las láminas y los culmos son cilíndricas y pungentes, característica que le da nombre a la especie. La inflorescencia es compuesta de flores pardas o rosáceas, diminutas. El fruto es una cápsula trigonal a oval, de color rosado. El periodo de floración va de abril a julio. (Rubio y Montenegro, 2018).

Decreto supremo N° 003-2010-MINAM. Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales

Los límites máximos permisibles son la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud y al medio ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental (MINAM, 2010). El decreto supremo N° 003-2010-MINAM, Aprueban límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o municipales.

Tabla 1

Límites máximos permisibles.

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: D.S.N° 003-2010-MINAM.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estudiar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar cuál de las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*) tiene mayor porcentaje de remoción de DBO₅ y DQO en las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales.
- Determinar cuál de las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*) tiene mayor porcentaje de remoción de Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes en las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales.
- Determinar cuál de las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*) tiene un mayor porcentaje global de remoción de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes de las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de las cinco especies de macrófitas es alta.

1.4.2. Hipótesis específicas

- De las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*) la que tiene mayor porcentaje de remoción de DBO₅ y DQO en las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales es la *Typha dominguensis*.
- De las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*) la que tiene mayor porcentaje de remoción de Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes en las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales es la *Typha dominguensis*.
- De las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*) la que tiene un mayor porcentaje global de remoción de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes de las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales es la *Typha dominguensis*.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada es de tipo teórica exploratoria.

Cazau (2006) indica que el objetivo de una investigación exploratoria es, como su nombre lo indica, examinar o explorar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado nunca antes. Por lo tanto, sirve para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, poco estudiados o novedosos, permitiendo identificar conceptos o variables promisorias, e incluso identificar relaciones potenciales entre ellas. La investigación exploratoria, también llamada formulativa, permite conocer y ampliar el conocimiento sobre un fenómeno para precisar mejor el problema a investigar.

2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Todos los estudios en los cuales se analizaron las cinco especies de macrófitas (*Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp*), en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domesticas con humedales artificiales.

2.2.2. Muestra

Los doce estudios donde se analizaron las especies de macrófitas en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domesticas con humedales artificiales.

Estudio 1: Bustamante y Pérez (2019) *Juncus sp* y *Chrysopogon zizanioides*

Estudio 2: Rojas (2018) *Chrysopogon zizanioides*

Estudio 3: Rubio y Montenegro (2018) *Juncus sp*

Estudio 4: Torres (2017) *Typha dominguensis*

Estudio 5: Montalván y López (2017) *Typha dominguensis* y *Cyperus papyrus*

Estudio 6: Torres, Magno, Pineda y Cruz (2017) *Phragmites australis* y *Cyperus papyrus*

Estudio 7: Lapa (2014) *Typha dominguensis*

Estudio 8: Minchola y Gonzáles (2013) *Phragmites australis*

Estudio 9: Baca (2012) *Typha dominguensis*

Estudio 10: Lovera et.al (2006) *Phragmites australis*

Estudio 11: Miglio y Mellisho (2003) *Cyperus papyrus*

Estudio 12: Quipuzco (2000) *Phragmites australis*

2.2.3. Materiales

Para elaborar la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales de gabinete:

Lapiceros

Libros

Laptop

Artículos científicos

Tesis.

2.2.4. Métodos

Estrategia de búsqueda

En este punto se determinaron las palabras clave para buscar los estudios en las bases de datos científicas.

Criterio de elegibilidad

Se determinaron los criterios de inclusión y exclusión para elegir los estudios relacionados a los objetivos de nuestra investigación.

Extracción de datos

Para la extracción de datos se utilizó una ficha de registro de datos.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la siguiente tabla se describe todas las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados para la elaboración del estudio en mención.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

Técnicas	Instrumentos
Análisis documental	Ficha de registro de datos

En la técnica de análisis documental se recolectan datos de fuentes secundarias como libros, tesis, revistas, artículos científicos, entre otros y se utilizan como fuentes para recolectar datos sobre las variables de interés. El tipo de análisis documental utilizado fue el resumen o descripción sustancial el cual es la representación abreviada del contenido de un documento sin interpretación ni crítica. Y el tipo de resumen empleado fue “El resumen selectivo”, que refleja sólo aquellas partes del texto que parecen esenciales para una categoría de usuarios determinada.

En el instrumento seleccionado como es la ficha de registro se consideró la siguiente información de cada uno de la bibliografía analizada: Autor, Título año de

publicación, idioma, tipo de documento y finalmente resumen, en el cual nos centramos específicamente en los resultados obtenidos en las investigaciones.

2.4. Procedimiento

Proceso de búsqueda y selección

Para realizar una búsqueda específica, se determinaron las siguientes palabras clave: Humedal artificial, aguas residuales domésticas y macrófitas, en artículos científicos los cuales fueron seleccionados de las siguientes bases de datos: Redalib colección de revistas científicas, SciELO (Scientific Electronic Library Online), Sciencedirect, PubMed y Google académico.

En este estudio se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: artículos originales publicados en bases de datos científicas, entre los años 2000 y 2019, en idioma español, que describen las diferentes macrófitas *Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp* para el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales específicamente en la remoción de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes, los mismos que fueron organizados y registrados en una tabla que recogía información de los siguientes campos: autores, año de publicación, tipo de publicación, lugar donde se realizó el estudio y título.(TABLA 1).

Como criterios de exclusión se definió todos los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales no domésticas, por ejemplo aguas residuales industriales, aguas residuales agrícolas, aguas residuales de minería, etc. También los que se aplicaban para remover parámetros como fósforo, nitrógeno y metales pesados.

Proceso de revisión

Para ello se realizó lecturas de los doce estudios seleccionados.

Proceso de análisis de datos

Después que los doce estudios pasaron por el proceso de revisión, se identificó cuáles fueron los porcentajes de remoción que habían obtenido los investigadores y se procedió a agruparlos en una tabla (Tabla 4) en donde se indicó el porcentaje de remoción que logró la especie objeto de análisis de cada estudio para los parámetros de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes, luego para obtener un rango general de remoción de cada especie se agrupó en gráficos de barras a todos los estudios que se centraban en la misma especie y finalmente se comparó dicho rango entre las cinco especies y se logró concluir cuál de todas ellas es la más eficiente en la remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas mediante el uso de humedales artificiales.

Tabla 3

Artículos incluidos en el estudio según las palabras clave utilizadas.

Fuente	Tipo de documento	Lugar	Título
Bustamante y Pérez, 2019	Tesis de Pregrado	Tarapoto	“Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies junco <i>Typha sp</i> y vetiver <i>Chrysopogon zizanioides</i> en el distrito de Saposoa”
Rojas, 2018	Tesis de Pregrado	Chota	“Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa bajo, distrito Chota, 2017”

Fuente	Tipo de documento	Lugar	Título
Rubio y Montenegro, 2018	Tesis de Pregrado	Moyobamba	“Humedal Artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la 3ra Brigada de Fuerzas Especiales, batallón de servicios N° 300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín”
Torres, 2017	Tesis de Pregrado	Lima	“Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017”
Montalván y López, 2017	Tesis de Pregrado	Moyobamba	“Eficiencia del humedal artificial con <i>Cyperus papyrus</i> y <i>Typha angustifolia</i> en la depuración de aguas residuales domésticas Habana - 2015”
Torres, Magno, Pineda y Cruz, 2017	Artículo científico	Lima	“Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies <i>Cyperus Papyrus</i> y <i>Phragmites Australis</i> , en Carapongo-Lurigancho”.
Lapa, 2014	Tesis de Pregrado	Ayacucho	“Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas con fines de riego en la ciudad universitaria-UNSH-2014”.
Minchola y Gonzáles, 2013	Artículo científico	La Libertad	Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick.
Baca, 2012	Tesis de Maestría	Callao	“Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona”.
Lovera, Qupizco, Laureano, Becerra, Nadezhda y Valencia, 2006	Artículo científico	Áncash	Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash - Perú, usando tecnologías de humedales artificiales

Fuente	Tipo de documento	Lugar	Título
Miglio y Mellisho, 2003	Artículo científico	Lima	“Evaluación de la capacidad depuradora de tres macrófitas acuáticas en pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas”.
Quipuzco, 2000	Artículo científico	Lima	“Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con <i>Phragmites australis</i> para el tratamiento de aguas residuales domésticas”.

2.5. Aspectos éticos

Esta investigación es original realizada por los estudiantes quienes para su elaboración consultaron diferentes fuentes bibliográficas las cuales están debidamente citadas y referenciadas en formato APA 6ta edición.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Después de estudiar todos los artículos seleccionados, se identificó los porcentajes de remoción de los parámetros de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes que se lograron con las diferentes especies de macrófitas seleccionadas las cuales fueron *Phragmites australis*, *Cyperus papyrus*, *Chrysopogon zizanioides*, *Typha dominguensis* y *Juncus sp* dichos resultados se encuentran en la tabla N° 4. En promedio el porcentaje de remoción con las especies estudiadas en los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas se encuentra en los siguientes rangos: *Juncus sp* 74.13% a 81.67% (ver figura 4), *Phragmites australis* 67% a 89.5% (ver figura 5), *Typha dominguensis* 93.57% a 96.77% (ver figura 6), *Chrysopogon zizanioides* 88.09% a 91% (ver figura 7), *Cyperus papyrus* 50.8% (ver figura 8).

Tabla 4

Porcentajes de remoción de los humedales artificiales con las especies seleccionadas

Estudio	Especie	% de remoción de contaminante				Promedio
		DBO ₅	DQO	SST*	CT**	
“Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies junco <i>Typha sp</i> y vetiver <i>Chrysopogon zizanioides</i> en el distrito de Saposoa”	Junco	78	78	89	-	81.67
	Vetiver	89	90	94	-	91
“Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa bajo, distrito Chota, 2017”	Vetiver	83.89	72.97	95.51	99.99	88.09
“Humedal Artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la 3ra Brigada de Fuerzas Especiales, batallón de servicios N° 300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín”	Junco	98.15	-	50.1	-	74.13
“Humedal artificial con la especie <i>Typha dominguensis</i> para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017”	Totora	99.92	99.80	99.6	-	96.77
“Eficiencia del humedal artificial con <i>Cyperus papyrus</i> y <i>Typha angustifolia</i> en la depuración de aguas residuales domésticas Habana - 2015”	Totora y papiro	66.96	60.98	90.47	82.54	75.24
“Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las	Carrizo y papiro	84	-	-	89	86.5

Estudio	Especie	% de remoción de contaminante				Promedio
		DBO ₅	DQO	SST*	CT**	
especies <i>Cyperus Papyrus</i> y <i>Phragmites Australis</i> , en Carapongo-Lurigancho”.						
“Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales domésticas con fines de riego en la ciudad universitaria-UNSH-2014”.	Totora	80	-	84.4	99.9	88.1
Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick.	Carrizo	73	-	84	93	83.3
“Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona”.	Totora	90.71		90.9	99.9	93.57
Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash - Perú, usando tecnologías de humedales artificiales	Carrizo	48	-	90.3	62.70	67
“Evaluación de la capacidad depuradora de tres macrófitas acuáticas en pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas”.	Papiro	88	-	59	5.4	50.8
“Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con <i>Phragmites australis</i> para el tratamiento de aguas residuales domésticas”.	Carrizo	79.6	84.3	97.2	97	89.5

Nota: *Sólidos Totales en suspensión

**Coliformes Termotolerantes

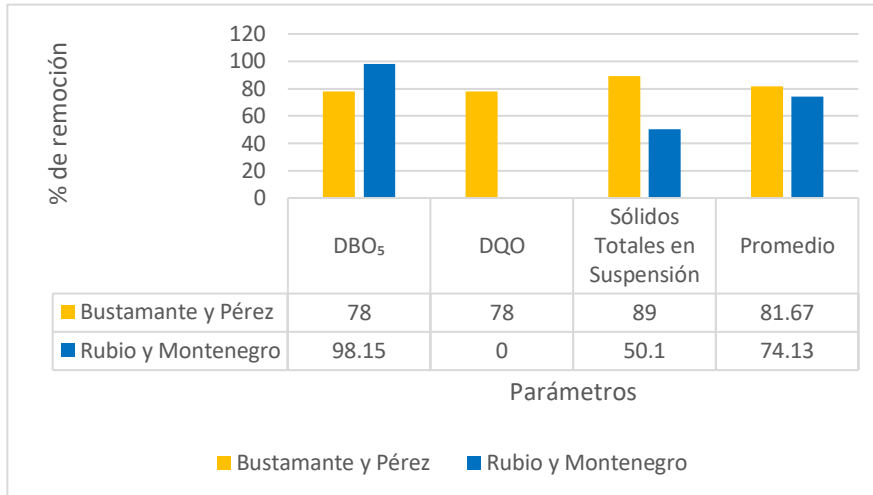


Figura 4: Porcentaje de remoción con el *Juncus sp* (junco).

En la figura 4 de los estudios con la especie de *juncus sp* realizados por Bustamante y Pérez se encontró los porcentajes de remoción para los siguientes parámetros: DBO₅ (78%), DQO (78%), Sólidos Totales en Suspensión (89%); mientras que el estudio realizado por Rubio y Montenegro mostró: DBO₅ (98.15%), Sólidos Totales en Suspensión (50.1%). Para el primer estudio se observó que el promedio de remoción es de 81.67% siendo mayor y más eficiente que al estudio dos con un promedio de 74.13%. De ambos estudios se concluyó que el rango general de remoción del sistema de humedales artificiales utilizando la macrófita *juncus sp* varia de 74.13% a 81.67%.

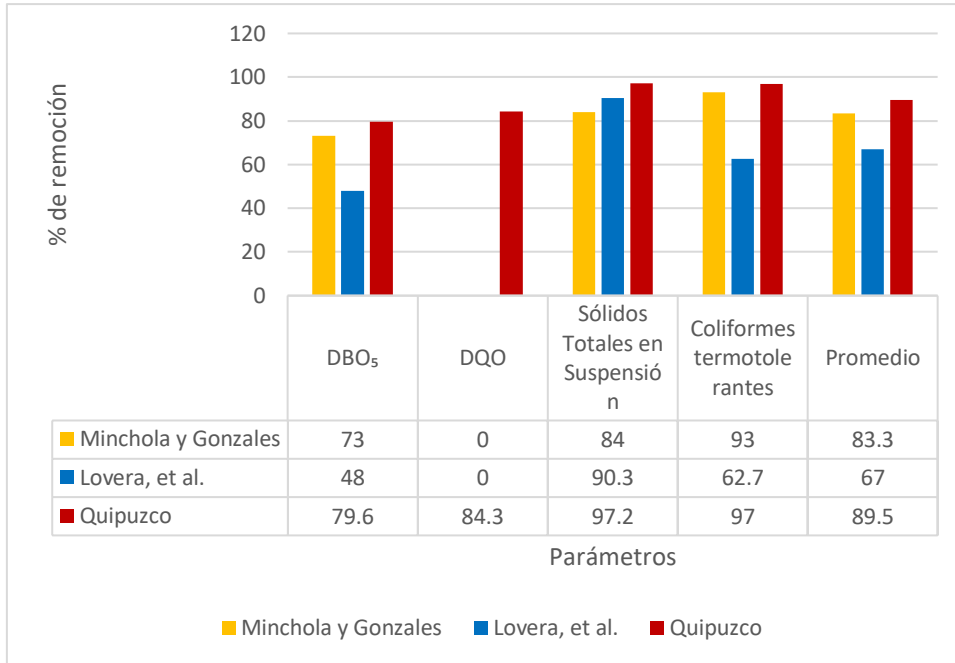


Figura 5: Porcentaje de remoción con el *Phragmites australis* (carrizo).

En la figura 5 de los estudios con la especie de *Phragmites australis* (carrizo) realizados por Minchola y Gonzales se encontró los porcentajes de remoción para los siguientes parámetros: DBO₅ (73%), Sólidos Totales en Suspensión (84%), Coliformes termotolerantes (93%), con un promedio general del sistema de 83.3%; mientras que el estudio realizado por Lovera, et al. mostró: DBO₅ (48%), Sólidos Totales en Suspensión (90.3%), Coliformes termotolerantes (62.7%), con un promedio general del sistema de 67 %; por otro lado Quipuzco: DBO₅ (79.6%), DQO (84.3%), Sólidos Totales en Suspensión (97.2%), Coliformes termotolerantes (97%) con un promedio de 89.5%, Los estudios han sido realizados en diferente lugares por ende pudo haber influido diferentes factores. De los tres estudios se concluyó que el rango general de remoción del sistema de humedales artificiales utilizando la macrófita *Phragmites australis* varía de 67% a 89.5%.

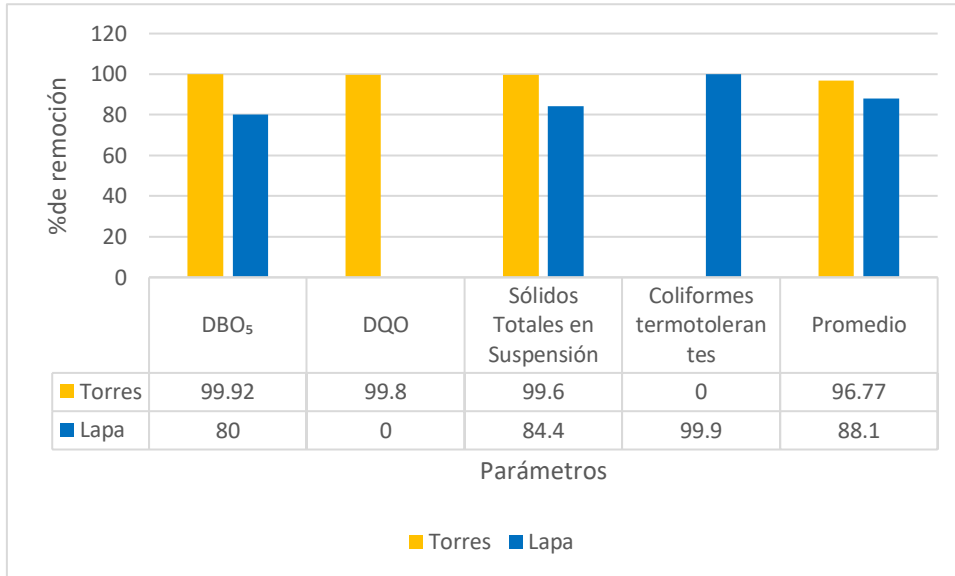


Figura 6: Porcentaje de remoción con la *Typha domingensis* (totora).

En la figura 6 de los estudios con la especie de *Typha domingensis* (totora) realizados por Torres (2017) se encontró los porcentajes de remoción para los siguientes parámetros: DBO₅ (99.92%), DQO (99.8%), Sólidos Totales en Suspensión (99.6%), con un promedio general del sistema de 96.77% ; mientras que el estudio realizado por Lapa (2014) mostró los siguientes porcentajes de remoción: DBO₅ (88%), Sólidos Totales en Suspensión (84.4%) y Coliformes termotolerantes (99.9%), y el promedio general del sistema fue de 88.1%. Se puede observar que esta especie tiene un alto porcentaje de remoción en los parámetros analizados ya que no se ve afectada por las aguas residuales domésticas por el contrario es de mucha influencia para su desarrollo y posterior desempeño u eficiencia del humedal. De ambos estudios se concluyó que el rango general de remoción del sistema de humedales artificiales utilizando la macrófita *Typha domingensis* varía de 88.1% a 96.77%.

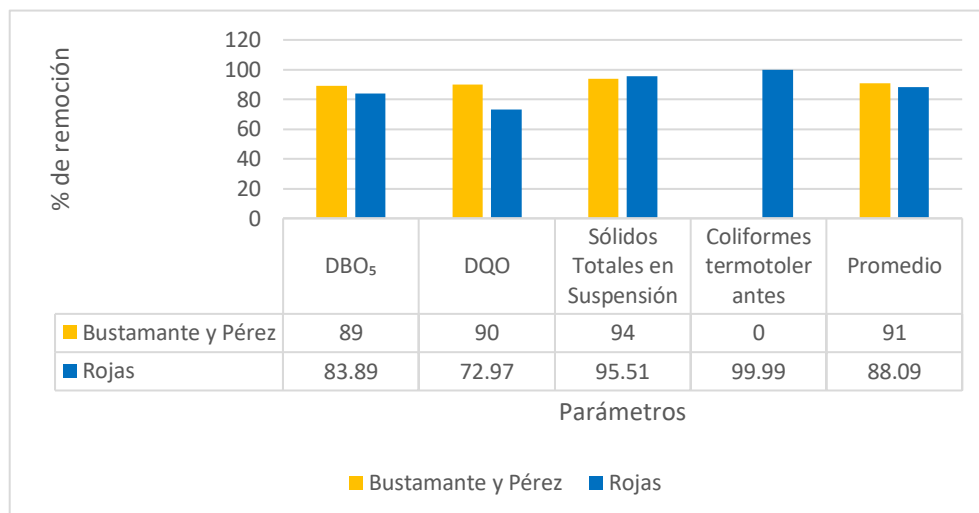


Figura 7: Porcentaje de remoción con el *Chrysopogon zizanioides* (vetiver).

En la figura 7 de los estudios con la especie de *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) realizados por Bustamante y Pérez (2019) se encontró los porcentajes de remoción para los siguientes parámetros: DBO₅ (89%), DQO (90%), Sólidos Totales en Suspensión (94%), con un promedio general del sistema de 91% ; mientras que el estudio realizado por Rojas (2018) mostró: DBO₅ (83.89%), DQO (72.97), Sólidos Totales en Suspensión (97.51%) y Coliformes termotolerantes (99.99%), con 88.09% de promedio general del sistema. Se puede observar un alto porcentaje de remoción en Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes pero ello está sujeto a la relación del tiempo y la eficiencia que esta especie tiene. De ambos estudios se concluyó que el rango general de remoción del sistema de humedales artificiales utilizando la macrófita *Chrysopogon zizanioides* varía de 88.09% a 91%.

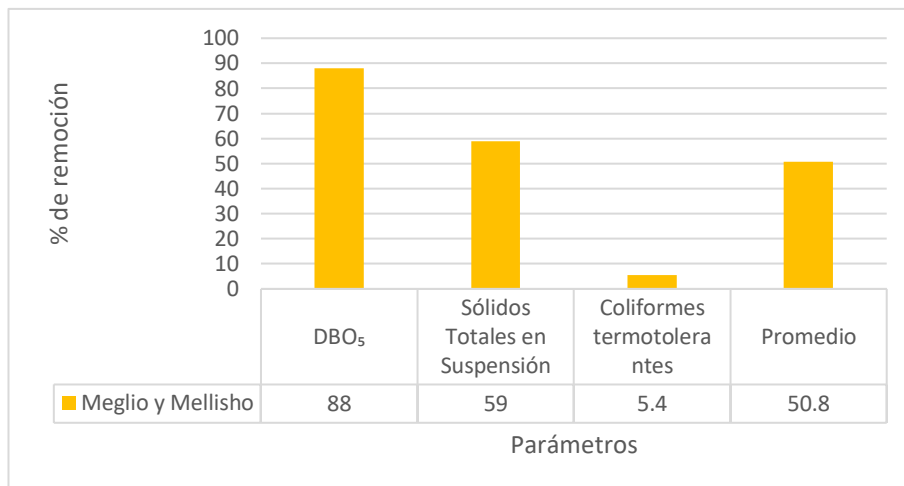


Figura 8: Porcentaje de remoción con el *Cyperus papyrus* (papiro).

En la figura 8 de los estudios con la especie de *Cyperus papyrus* (papiro) realizados por Meglio y Mellisho (2003) tiene un porcentaje de remoción relativamente bajo con un promedio general del sistema de 50.8%, pero es importante resaltar la remoción de DBO5 que alcanzó un total de 88%, así mismo es notable el bajo rendimiento para la remoción para de coliformes termotolerantes pues solo alcanzó un 5.4% esto debido a que el sistema operó en condiciones tipo “batch”.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De todos los artículos revisados la macrófita que tiene el mayor porcentaje de remoción para el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales es la *Typha dominguensis* (tatora), encontrándose en un rango de 93.57% a 96.77% los estudios relacionados a esta especie fueron realizados mediante el tipo de humedal de flujo subsuperficial, corroborándose esta información con los resultados de Torres (2015) que al comparar las especies de carrizo, papiro y tatora, demostró también en su investigación que esta especie obtuvo mejores resultados de remoción frente a las demás, cumpliendo los ECAs para agua de categoría 3 y FAO Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (food and agriculture Organization of the United Nations –ONU).

Según el estudio de Torres (2017), los porcentajes de remoción de DBO₅, DQO y Sólidos Totales en Suspensión fueron 99.92%, 99.8% y 99.6% respectivamente evidenciando de esa manera la efectividad de remoción de la tatora, en cuanto al parámetro de coliformes termotolerantes los estudios de Lapa (2014) y Baca (2012) alcanzó un porcentaje de remoción de 99.9, estos datos indican que esta especie es una excelente depuradora de contaminantes físicos y químicos presentes en las aguas residuales domésticas además según el estudio de Torres, tiene la capacidad de fácil adaptación pues en su experimento se adaptó en un periodo de tiempo de 15 días siendo su clima óptimo el templado sin embargo pertenece a las especies dominantes es decir que tiene la mayor probabilidad de adaptación donde otras especies no sobreviven a esto respalda la investigación de Lapa (2014) realizada en Ayacucho en donde se tiene temperaturas mínimas hasta de 6 C°.

En segundo lugar se encuentra la *Crisopogon zizanioides* (vetiver) con un porcentaje de remoción que varía entre 88.09% a 91% lo cual evidencia que esta especie también tiene buena capacidad de remoción de contaminantes, sin embargo presenta

ciertas limitantes puesto que se desarrolla en lugares con una temperatura templada por lo que no podría utilizarse en cualquier lugar. Por ejemplo el realizado con esta especie por Bustamante y Pérez (2019) se llevaron a cabo en la provincia de Huallaga departamento de San Martín en donde las temperatura en el mes de enero son alrededor de 27°C y en el mes de julio la temperatura desciende a 25.5°C. Obteniendo resultados más eficientes respecto al estudio de Rojas (2017) llevado a cabo en la Provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Bustamante y Romero obtuvieron los siguientes resultados 89%, 90% y 94% para DBO₅, DQO y SST respectivamente y Rojas 83.89%, 72.97% 95.51% y 99.99% para DBO₅, DQO SST y Coliformes termotolerantes respectivamente.

Es importante llevar a cabo este tipo de investigaciones durante un periodo de tiempo largo para verificar a que tiempo estos sistemas bajan su rendimiento puesto que la mayoría solo tienen un periodo de estudio de 3 meses desde que entran en funcionamiento, para de esa manera poder aplicarlos en las comunidades.

Limitaciones

Para el desarrollo de esta investigación se tuvieron las siguientes limitaciones, no se encontraron muchos estudios que analizaron la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de la especie de *Cyperus papyrus* y todos los estudios encontrados no analizaron el porcentaje de remoción de todos los parámetros establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM.

4.2. Conclusiones

- Se determinó que la especie *Typha dominguensis* tiene un mayor porcentaje de remoción de DBO₅ y DQO en las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales siendo 99.92% y 99.80% respectivamente.
- Se determinó que la especie *Typha dominguensis* tiene un mayor porcentaje de remoción de Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes en las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales siendo 99.6%. y 99.9% respectivamente.
- Se determinó que la especie *Typha dominguensis* tiene un mayor porcentaje global de remoción de DBO₅, DQO, Sólidos Totales en Suspensión y Coliformes termotolerantes de las aguas residuales domésticas mediante el tratamiento con humedales artificiales estando en un rango de 93.57% a 96.77%.

REFERENCIAS

- Aragón R., Parra, A. y Peña, M. (2015). Evaluación preliminar del funcionamiento de un sistema prototipo de humedales artificiales empleando *Heliconia psittacorum* y *Cyperus papyrus* para el tratamiento de aguas residuales. Google académico. Recuperado de: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/agroeccyt/article/view/932>
- Altamirano, A. (2011). Efecto del Tiempo de Hidroinmersión en el crecimiento y desarrollo de esquejes de “Vetiver” *Chrysopogon zizanioides*, en el sistema aeropónico, 1–93.
- Arcos R, Cantellano E, Alejo M, García R & Solís R. (1999). Remoción de la materia orgánica mediante la utilización de humedales artificiales en la comunidad de Sta. María nativitas Texcoco edo. De México. Facultad de estudios superiores.
- Baca, M. (2012). *Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan De Marcona*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Callao. Perú.
- Bustamante, E. y Pérez, W. (2019). *Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies junco Typha sp y vetiver Chrysopogon zizanioides en el distrito de Saposoa*. (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión. Perú.
- Castañeda, A. & Flores, H. (2013). Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas de los andes de Jalisco, México. En revista de tecnología y sociedad “*Innovación y difusión de la tecnología*”. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499051554003>
- Carvajal, A. Zapattini, C., y Quintero, C. (2018). Humedales Artificiales, una alternativa para la depuración de Aguas Residuales en el Municipio de Mizque, Bolivia. Google. Recuperado de: <http://polired.upm.es/index.php/distecd/article/view/3744>

- Cazau (2006). *Introducción a la investigación en ciencias sociales*. Recuperado de <http://alcazaba.unex.es/asg/400758/MATERIALES/INTRODUCCI%C3%93N%20A%20LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20EN%20CC.SS..pdf>
- Charris, J. y Caselles, A. (2016) Eficiencia de eliminación de contaminantes de aguas residuales domesticas con humedales construidos experimentales plantados con *Cyperus ligularys* (Cyperaceae) y *Echinochloa colonum* (Poaceae). SciELO. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222016000600093&script=sci_abstract
- Dayna, Y. (2013). Manual de diseño: Humedal construido para el tratamiento de las aguas grises por biofiltración. Santa Bárbara: University Of California.2013.pp.6. Disponible en: http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_Aguas_Grises.pdf
- Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. *Aprueba Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales* (marzo 17, 2010). Anexo: “Límites máximos permisibles para efluentes de PTAR”. Ministerio del Ambiente. Recuperado de: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf
- Espinosa, C. (2014). *Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes*. (Tesis de maestría). Escuela Colombiana De Ingeniería - Julio Garavito. Colombia.
- García, J. y Corzo, A. (2008). Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial. Barcelona, España.

Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. (Proyecto HUMEDAL)*. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.

Lapa, R. (2014). Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria- UNSCH- 2014. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga. Perú.

Londoño, L., & Marín, C. (2009). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en Humedales Artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua residual sintética*. (Título profesional). Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Química.

Los humedales artificiales: Componentes y tipos. (01 de febrero de 2013). Obtenido de Atl El portal del Agua desde México: http://atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=5954:los-humedales-artificiales-componentes-y-tipos&Itemid=462

Miglio, R., Mellisho, M. (2003). Evaluación de la capacidad depuradora de tres macrofitas acuáticas en pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Google académico Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/230887784_Evaluacion_de_la_Capacidad_Depuradora_de_Tres_Macrofitas_Acuaticas_en_Pantanos_Artificiales_para_el_Tratamiento_de_Aguas_Residuales_Domesticas

Minchola, J., & Gónzales, F. (2013). Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick. *Revista Del Museo De Historia Natural Y Cultural ARNALDOA*, (1). Recuperado de: <http://journal.upao.edu.pe/Arnaldoa/article/view/128/124?fbclid=IwAR1b6P557IKdSHZuPjxWPetWXSPF5uUCTZWwxnQjLcobMn4ciPLr2wLXFpc>

- Montalván, P., y López, K. (2017). *Eficiencia del humedal artificial con Cyperus papyrus y Typha angustifolia en la depuración de aguas residuales domésticas Habana – 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto. Perú.
- Olgún, E., González, R., Sánchez, G., Zamora, J., & Owen, T. (2010). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. (1st ed., p. 2). México.
- ONU-HABITAT, 2008. Manual de Humedales Artificiales. Programa Agua para las ciudades asiáticas de ONU-HABITAT, Nepal, Katmandú.
- Quipuzco, L. (2002). Evaluación del comportamiento de la instalación de dos pantanos instalados en series con *Phragmites australis* para el tratamiento de aguas residuales domésticas. En *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 5(10), pp. 52-57. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2295>
- Quipuzco, L., Lovera, D., Laureano, G., Becerra, C. & Valencia, N. (2006) Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Anchas-Perú, usando tecnologías de humedales artificiales. En *Revista del Instituto de investigaciones FIGMMG*, 9(18) pp. 32-43. Recuperado de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2768/2398>
- Ramírez, J. (2014). *Diseño de humedales flotantes con vetiveria zizanioides (linn.) nash. para el tratamiento de agua residual y su reúso en actividades de pesca deportiva*. (Tesis pregrado). Universidad Nacional Autónoma De México. México.
- Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. (p. 1).

Rojas, M. (2018). Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (*chrysopogon zizanioides*) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa bajo, distrito Chota, 2017.(Tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Perú.

Romero,J Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño.3° ed. Colombia: Escuela colombiana de ingeniería, 2010. 13 - 23 pp. ISBN 958-8060.

Rubio L. y Montenegro, A. (2018). Humedal Artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la 3ra Brigada de Fuerzas Especiales, batallón de servicios N° 300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín. (Tesis pregrado). Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto . Perú.

Soanez (1995). Ingeniería medioambiental aplicada a la industria y a la empresa: manual para responsables medioambientales. Ecología Industrial. Madrid. España.

SUNASS (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de las operaciones de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Recuperado de: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>.

Torres, G. (2017). *Humedal artificial con la especie Typha dominguensis para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabayllo, 2017.* (Tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo. Perú.

Torres, J., Magno, J., Pineda, R. y Cruz,M. (2017). Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo-Lurigancho. ResearchGATE. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/322964639_Evaluacion_de_la_eficiencia_e_n_el_tratamiento_de_aguas_residuales_para_riego_mediante_humedales_Artificiales_de_flujo_libre_superficial_FLS_con_las_especies_Cyperus_Papyrus_y_Phragmites_Australis_en_C

Truong, P., & Chavez, Y. (2010). Fitorremediación de Suelos Contaminados Utilizando Pasto Vetiver, 1–11.

Vidal, G., & Hormazábal, S. (diciembre, 2016). Las fibras vegetales y sus aplicaciones. Chile: Okey Diseño y Publicidad. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Gladys_Vidal/publication/322852114_Las_fibras_vegetales_y_sus_aplicaciones_Innovacion_en_su_generacion_a_partir_de_la_depuracion_de_agua/links/5a7290cfaca2720bc0d9f34d/Las-fibras-vegetales-y-sus-aplicaciones-Innovacion-en-su-generacion-a-partir-de-la-depuracion-de-agua.pdf

YOCUN, Dayna. Manual de diseño: Humedal construido para el tratamiento de las aguas grises por biofiltración. Santa Bárbara: University Of California.2013.pp.6. [fecha de consulta: 7 de mayo del 2020].

Disponible en:

http://www2.bren.ucsb.edu/~keller/courses/GP_reports/Diseno_Humedal_AguasGrises.pdf

ANEXOS

Ficha de registro de datos N° 1

Autores: Lovera, D., Quipuzco, L., Laureano G., Becerra, C., & Valencia, N.

Título: Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, región Ancash - Perú, usando tecnologías de humedales artificiales.

Año: 2006

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG

Resumen: En este estudio el desempeño del humedal de flujo horizontal subsuperficial con especie de *Phragmites australis* (carrizo) muestra porcentajes de remoción en DBO₅ (48%), Sólidos Totales en Suspensión (90.26 %) y Coliformes Termotolerantes (62.70%). Esto se realizó en la comunidad urbana de Lacabamba, Región Áncash- Perú.

Ficha de registro de datos N° 2

Autores: Minchola, J., & Gonzales, F.

Título: Humedales artificiales en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la mina Barrick.

Año: 2013

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Revista Del Museo De Historia Natural Y Cultural ARNALDOA

Resumen: en este estudio el desempeño del humedal de flujo superficial con especie de *Phragmites australis* (carrizo) muestra porcentajes de remoción en DBO₅ (73%), Sólidos Totales en Suspensión (84 %) y Coliformes Termotolerantes (86 %). Esto se realizó en el Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco, Región la Libertad, entre 3 700-4 200 msnm.

Ficha de registro de datos N° 3

Autores: Miglio, R., Mellisho, M.

Título: Evaluación de la capacidad depuradora de tres macrófitas acuáticas en pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Año: 2003

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Artículo científico.

Resumen: En este artículo se evaluaron el desempeño de humedales de flujo subsuperficial con tres especies mostrando su respectivo porcentaje de remoción:

Cyperus papyrus (papiro) DBO₅ (88%), Sólidos Totales en Suspensión (59%) y Coliformes Termotolerantes (5.4%); *Cyperus aff. ferox*. DBO₅ (87%), Sólidos Totales en Suspensión (56%) y Coliformes Termotolerantes (5.3%), la especie de *Phragmites australis* (carrizo) no se obtuvo datos por problemas de infiltración del agua tratada debido a la rotura del forro plástico. Esto se realizó en Lima, con aguas provenientes de la red de desagües de la UNALM, también de la urbanización Las Viñas de la Molina.

Ficha de registro de datos N° 4

Autores: Bustamante, E. y Pérez, W.

Título: Evaluación de la eficiencia de humedales artificiales en el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando las especies *Typha sp* (junco) y *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) en el distrito de Saposoa.

Año: 2019

Universidad: Universidad Peruana Unión

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Tesis de pregrado.

Resumen: En este artículo de humedales artificiales con flujo sub superficial se evaluaron el desempeño de remoción de contaminantes de dos especies: *Chrysopogon Zizanioides* (Vetiver) DBO₅ (76%), DQO₅ (89%) y Solidos Totales en Suspensión (94%) y *Thypha sp* (Junco) DBO₅ (81%), DQO (78%) y Sólidos Totales en Suspensión (94%), esto se mostró a los 51 días de instalado el humedal. Se realizó en el distrito de Saposoa, Provincia de Huallaga, Departamento de San Martín

Ficha de registro de datos N° 5

Autores: Torres, J., Magno, J., Pineda, R. y Cruz, M.

Título: Evaluación de la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales para riego mediante humedales Artificiales de flujo libre superficial (FLS) con las especies *Cyperus Papyrus* y *Phragmites Australis*, en Carapongo-Lurigancho.

Año: 2017

Universidad: Universidad Peruana Unión, EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Artículo científico.

Resumen: En este estudio de Humedales Artificiales de flujo libre superficial se evaluaron dos especies con sus respectivos porcentajes de remoción: *Cyperus papyrus* (papiro) y *Phragmites Australis* (carrizo); DBO₅ (84%), y Coliformes Termotolerantes (89%). Se realizó en Carapongo- Lurigancho- Lima.

Ficha de registro de datos N° 6

Autores: Montalván, P., y López, K.

Título: Eficiencia del humedal artificial con *Cyperus papyrus* y *Typha angustifolia*
en la depuración de aguas residuales domésticas Habana – 2015.

Año: 2017

Universidad: Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto.

Idioma: Castellano

Tipo de documento: tesis pregrado.

Resumen: En este estudio de humedal artificial subsuperficial vertical se evaluaron dos especies con sus respectivos porcentajes de remoción: *Cyperus papyrus* (papiro) y *Typha angustifolia* (totora) DBO₅ (66.96%), DQO (60.98%), Sólidos Totales en Suspensión (90.47%) y Coliformes Termotolerantes (82.54%). Se realizó en el distrito de Habana, provincia Moyobamba, región San Martín.

Ficha de registro de datos N° 7

Autores: Quipuzco, L.

Título: Evaluación del comportamiento de dos pantanos artificiales instalados en serie con *Phragmites Australis* para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Año: 2002

Universidad: Universidad Nacional Agraria La Molina

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Artículo científico.

Resumen: En este estudio de humedal flujo subsuperficial horizontal se evaluó la especie *Phragmites australis* (carrizo) con sus respectivos porcentajes de remoción: DBO₅ (79.6%), DQO (84.3%), Sólidos Totales en Suspensión (97.2%) y Coliformes Termotolerantes (98%). Se realizó con agua captada de la universidad Nacional Agraria La Molina- Lima.

Ficha de registro de datos N° 8

Autores: Rojas, M.

Título: Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa bajo, distrito Chota, 2017.

Año: 2018

Universidad: Universidad Cesar Vallejo.

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Tesis de Pregrado

Resumen: En este estudio de un humedal subsuperficial se evaluó la especie *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) con sus respectivos porcentajes de remoción: DBO₅ (83.89%), DQO (72.97%), Sólidos Totales en Suspensión (95.51%) y Coliformes Termotolerantes (99.99%). Se realizó en la comunidad de Santa Rosa Bajo, Distrito de Chota- Cajamarca.

Ficha de registro de datos N° 9

Autores: Baca, M.

Título: Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan De Marcona.

Año: 2012

Universidad: Universidad Nacional del Callao.

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Tesis de Maestría.

Resumen: En este estudio de humedad de flujo subsuperficial se evaluó la especie de *Typha dominguensis* (totora), con sus respectivos porcentajes de remoción: DBO₅ (90.71%), Sólidos Totales en Suspensión (90.9%) y Coliformes Termotolerantes (99.9%).

Se realizó en el distrito de San Juan de Marcona, Ica, Perú.

Ficha de registro de datos N° 10

Autores: Lapa, R.

Título: Propuesta de diseño de humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales con fines de riego en la ciudad universitaria- UNSCH- 2014

Año: 2014

Universidad: Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Tesis de Pregrado

Resumen: En este estudio de humedal artificial de flujo horizontal se evaluó la especie *Typha dominguensis* (totora) con sus respectivos porcentajes de remoción: DBO₅ (80%), Sólidos Totales en Suspensión (84.4%) y Coliformes Termotolerantes (99.9%). Se realizó en la Ciudad Universitaria de Huamanga, Ayacucho.

Ficha de registro de datos N° 11

Autores: Torres, G.

Título: Humedal artificial con la especie *Typha dominguensis* para el tratamiento de aguas grises domésticas, AA.HH. San Benito – Carabaylo, 2017.

Año: 2017

Universidad: Universidad Cesar Vallejo.

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Tesis de Pregrado

Resumen: En este estudio de humedales artificiales de tipo subsuperficial vertical se evaluó la especie *Typha dominguensis* (totora) con sus respectivos porcentajes de remoción: DBO₅ (99.92 %), DQO (99.80%) Sólidos totales en Suspensión (99.62%). Se realizó en AA.HH. San Benito, Carabaylo- Lima.

Ficha de registro de datos N° 12

Autores: Rubio L. y Montenegro, A.

Título: Humedal Artificial en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la 3ra Brigada de Fuerzas Especiales, batallón de servicios N° 300, Distrito de Rioja, Provincia de Rioja, Departamento de San Martín

Año: 2018

Universidad: Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto

Idioma: Castellano

Tipo de documento: Tesis de Pregrado

Resumen: En este estudio se evaluó el tratamiento de aguas residuales domésticas aplicando humedal sub-superficial de flujo horizontal con la especie *Juncus sp* (junco) con sus respectivos porcentajes de remoción: DBO₅ (98.15%) y Sólidos Totales en Suspensión (50.07%), esto se realizó en las personas residentes de la 3ra brigada de fuerzas especiales, batallón de servicios N°300 del distrito de Rioja.

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Juan Carlos Flores Cerna, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Muñoz Tello Keyla Madaly
- Vasquez Perez Milagros

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas” para aspirar al título profesional de: Ingeniera Ambiental por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

M.Sc. Juan Carlos Flores Cerna
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Muñoz Tello Keyla Madaly y Vasquez Perez Milagros para aspirar al título profesional con la tesis denominada: “Estudio de la eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas con humedales artificiales de cinco especies de macrófitas”

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado