

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**“Revisión y análisis de la Eficiencia de Jacinto de agua
(*Eichhornia crassipes*) y Papiro (*Cyperus papyrus*) en aguas
residuales domésticas”**

Por:

Anyelina Rosmery Carhua Ponce

Wilder Huancas Oblitas

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo, **Carmelino Almestar Villegas** de la Facultad de Arquitectura y Ingeniería, Escuela Profesional de **Ingeniería Ambiental**, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “**REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE JACINTO DE AGUA (EICHHORNIA CRASSIPES) Y PAPIRO (CYPERUS PAPYRUS) EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**” constituye la memoria que presenta(n) el(la)(los) Bachiller(es) Carhua Ponce, Anyelina Rosmery y Huancas Oblitas, Wilder; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en **Ingeniería Ambiental** cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Morales, a los **12 días del mes de agosto** del año 2020.



Asesor
Ing. Carmelino Almestar Villegas

**“Revisión y análisis de la Eficiencia de Jacinto de agua
(*Eichhornia crassipes*) y Papiro (*Cyperus papyrus*) en aguas
residuales domésticas”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería
Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo
Presidente



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra
Secretario



Ing. Carmelino Almaster Villegas
Asesor



Ing. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez
Vocal

Tarapoto, agosto de 2020

Resumen

En el Perú existe una carencia de tratamientos de aguas residuales domésticas antes de su vertimiento en los cuerpos receptores y las plantas depuradoras de agua son una de las alternativas amigables con el medio ambiente para tratar el agua residual doméstica, con la finalidad de no impactar severamente al ecosistema con dichas aguas. En este estudio de Revisión y análisis se evaluó la Eficiencia de Jacinto de agua *Eichhornia crassipes* y Papiro *Cyperus papyrus* en tratamiento de aguas residuales domésticas según las investigaciones de Núñez (2016) y Rodríguez & García (2012), para la discusión se recurrió a varias investigaciones. Para la elaboración del artículo se recurrió a bases de datos como Redalyc, Scielo, Doaj, Dialnet y LatinDex Scopus, Google académico, Repositorio de la UPeU. Luego se seleccionó los artículos y posteriormente se hizo la revisión y análisis sistemática de los artículos seleccionados. Los resultados muestran que la especie *Cyperus papyrus*, estudiado por Nuñez (2016) obtuvo la mayor eficiencia en la remoción de DBO con un 96% a diferencia de la especie *Eichhornia crassipes* obteniendo un 62.35% estudiado por Rodríguez & García (2012). Discutiendo que la eficiencia de DBO se debe a la interacción biótica y abiótica de la rizósfera de las especies, como también incluye el factor de la temperatura. En conclusión, existe una diferencia antes y después de pasar por el tratamiento biológico cumpliendo con los límites máximos permisibles del D.S. N° 003-2010-MINAM, indicando que el agua residual doméstica es apta para riego en el cuerpo receptor.

Palabras claves: DBO; eficiencia; Jacinto de agua; papiro; remoción.

Abstract

In Peru there is a lack of treatment's domestic wastewater before its flowing in the receptive bodies and the water's treatment plants are one of the friendly alternatives with the environment to treat the domestic wastewater, with the purpose don't impact severely the ecosystem with these waters. In the study of review an analysis was evaluated the efficiency of Jacinto's water *Eichhornia crassipes* and *Cyperus papyrus* in treatment of domestic wastewater according to the Nuñez (2016) and Rodriguez and Garcia (2012) for the discussion was resorted several investigations. For the elaboration of the article was appealed to databases like as Redalyc, Scielo, Doaj, Dialnet, Latindex Scopus, Academic Google, Upeu' repository. After was selected the articles and later do the systematic review and analysis of the selected articles. The results shows that the specie studied by Nuñez (2016) obtained the greatest efficiency in the BOD removal with 96 % in the difference of *Eichhornia crassipes* *papyrus* obtaining 62% studied by Rodriguez and Garcia (2012). Discussing the BDO efficiency is for the biotic and abiotic interaction of the rizosphere's species and also contains the temperature's factor. In conclusion exist a difference before and after of the biologic treatment achieving the basic permissible limits of D.S.003-2010-MINAM, indicating of the domestic wastewater is suitable for irrigation in the receptor body.

Keywords: BOD; efficiency, jacinto's water, papyru, removal.

1. Introducción

El Perú es un país en vía de desarrollo, distinguiéndose como uno de los países de mayor dinamismo en América Latina. A este desarrollo se suma el crecimiento demográfico, el cual contrae una realidad como la deficiente provisión y distribución de agua. La deficiente provisión, la poca distribución y la falta de tecnología para sistemas de tratamientos de agua nos conlleva a un problema recurrente que es la carencia de saneamiento ambiental. La carencia de saneamiento ambiental es mayor en áreas rurales y pequeñas comunidades, el 70% de las aguas residuales no cuentan con un tratamiento adecuado, generando impactos negativos al medio ambiente y poniendo en peligro la salud ciudadana. En nuestra nación se ha ejecutado un 30% de la inversión pública en tratamiento de agua, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural (Meoño, Taranco, & Olivares, 2015).

Las aguas residuales sean municipales o industriales requieren atención, puesto que la falta de tratamiento antes de ser vertidos a los cuerpos receptores, causa la muerte de la flora y fauna en el ecosistema acuático, trayendo como consecuencia la contaminación de componentes orgánico e inorgánicos afectando al fitoplancton y al zooplancton (Díaz & Caballero, 2015)

Basándonos en la falta de tratamiento, se busca alternativas amigables con el medio ambiente, las mejores alternativas son el tratamiento con plantas acuáticas. Las plantas depuradas de aguas son unas de las alternativas para tratar las aguas residuales debido a la accesibilidad para muchas personas que no pueden acceder a un sistema de tratamiento de agua residual o a la red de alcantarillado. La importancia de este trabajo es para tratarla y cuidarla el agua, y así mismo para disminuir el impacto negativo en el medio ambiente.

1.1. Aguas residuales domésticas

Palacio (2009), menciona que “son aguas desechadas en especial por viviendas, a las cuales se atribuyen aguas utilizadas de comercios e instituciones, para luego conducirse en forma combinada por el alcantarillado subterráneo a una laguna de estabilización” citado por (Arocupita, 2013). Su contaminación del agua es constante y su composición es principalmente orgánico, pero el caudal es menor que las aguas blancas (Rojas, 2008).

1.2. Humedales Artificiales

Son zonas producidas por el hombre de forma controlada con distintas tecnologías no convencionales, que resulta una opción viable a la hora de obtener agua con calidad aceptable, debido a su elevada eficiencia en la disminución de materia orgánica, nutrientes y patógenos, reduciendo los posibles efectos adversos en el medio receptor (Llagas & Guadalupe, 2006).

1.3. Plantas Acuáticas

Son plantas adaptadas a medios muy húmedos y acuáticos. Utilizadas para la asimilación y descomposición de materia inorgánica, orgánica y nutrientes. Estas plantas tienen muchas ventajas al ser utilizadas, dependiente de la clase de efluente que se va a tratar sus aguas y las condiciones del procedimiento (Celis, Junod, & Sandoval, 2005). Las plantas se clasifican en especies como: emergentes, sumergidas y flotantes (Caicedo citado por (León & Lucero, 2009)).

La planta acuática, Papiro *Cyperus papyrus* es una especie emergente son perennes con sus sistemas reproductores aéreos y viven en suelos inundados ya sea temporal o permanente. A diferencia del Jacinto de agua *Eichhornia crassipes* que es angiosperma y sus órganos reproductores son aéreos y flotantes que viven en suelos anegados (Flores, 2014).

1.4. Remoción de materia orgánica

La remoción de materia orgánica en humedales artificiales se realiza por la adsorción de compuestos orgánicos en solución y por oxidación bacteriana, ya que el suelo o el medio poroso contienen bacterias especializadas en degradar la materia orgánica (Delgadillo, 2010).

1.5. Función de las plantas acuáticas en sistemas de tratamiento

Según León & Lucero (2009), las plantas juegan un papel importante en estos sistemas siendo sus principales funciones, Citado por (Coronel, 2016).

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera,
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos,
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

Especialmente en estas macrófitas no se han encontrado factores anti-nutricionales que pudieran limitar su uso en alimentación animal, lo que las hace muy atractivas en este sentido.

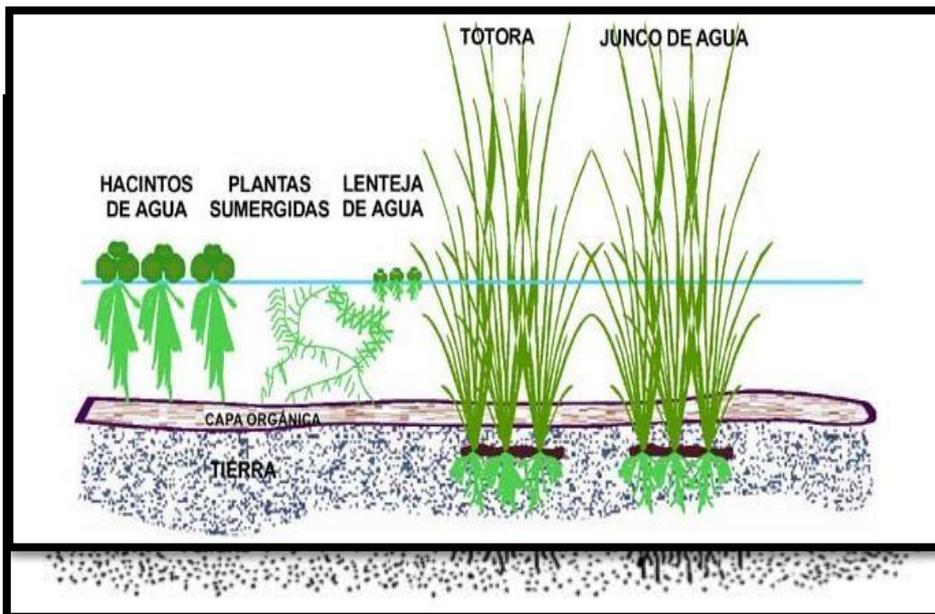


Figura 1. Principales plantas acuáticas

Fuente: Morales (2018)

2. Metodología

Para llevar a cabo esta revisión se tomaron artículos científicos de bases de datos como: Redalyc, Scielo, Doaj, Dialnet, Google académico y el repositorio de la UPeU. Asimismo, para el desarrollo de la investigación se utilizó la técnica documental (Hurtado, 2000), la cual nos permitió analizar publicaciones sobre la línea de investigación en estudio. La primera investigación fue desarrollada por (Rodríguez & García, 2012) cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes del agua residual doméstica con *E. crassipes*, mientras que la segunda fue desarrollada por (Núñez, 2016) y utilizó la macrófita *C. Papyrus*.

Luego, se realizó fichas de recolección de datos, para la comparación de las dos investigaciones con el objeto de comparar metodologías y resultados importantes, para la discusión se basó de investigaciones de: Hellal (2017), Sanmuga & Senthamil (2014), Rincón & Millán (2013), Lena & Gunnel (2004), Chavez (2019), Patiño & Zhinín (2015), Chávez & Chimbo (2015), García F. (2020) y Oluwakunmi & Mohd (2011).

3. Resultados

3.1. Comparación de las metodologías utilizadas

En el cuadro 1, se muestra la calidad del agua residual doméstica, antes y después del tratamiento. Se observa que únicamente la DBO del afluente estudiado por Núñez (2016) no cumple con el D.S. N° 003-2010-MINAM. Mientras que después del tratamiento con macrófitas flotantes como *E. crassipes* y *C. Papyrus*, el agua residual doméstica cumple los parámetros del mencionado decreto. Asimismo, se evidencia menores valores de DBO con la especie *C. Papyrus*.

Tabla 1.

Calidad del efluente tratado

Parámetros	<i>E. crassipes</i> (Rodríguez & García, 2012)		<i>C. Papyrus</i> (Núñez, 2016)		LMP
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	Coliformes Totales (NMP/100mL)	2230.0	449.5	7.9x10 ¹⁰	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	902.5	348.0	7.9x10 ¹⁰	1x10 ¹⁰	1x10 ⁴
pH	7.9	7.4	4.4	6.5	6.5-8.5
Temperatura (°C)	23.5	24.0	27.5	28.2	<35
CE (µS/cm)	104.5	59.0	820.0	370.0	-
Oxígeno disuelto (mg/L)	57.5	29.5	10.7	4.0	-
DBO (mg/L)	42.5	16.0	285.1	12.4	100

Fuente: Adaptado de: Rodríguez & García (2012) y Núñez (2016)

3.2. Comparación de la eficiencia de remoción de DBO

En la figura 1, se muestra las eficiencias de remoción de la DBO del agua residual doméstica, utilizando las macrófitas flotantes como *E. crassipes* y *C. Papyrus*. Rodríguez & García (2012) utilizaron *E. crassipes* como especie fitorremediadora encontrando eficiencias

de remoción de DBO de 62.35%, mientras que Núñez (2016), encontraron una eficiencia del 96% de DBO para la especie *C. Papyrus*.

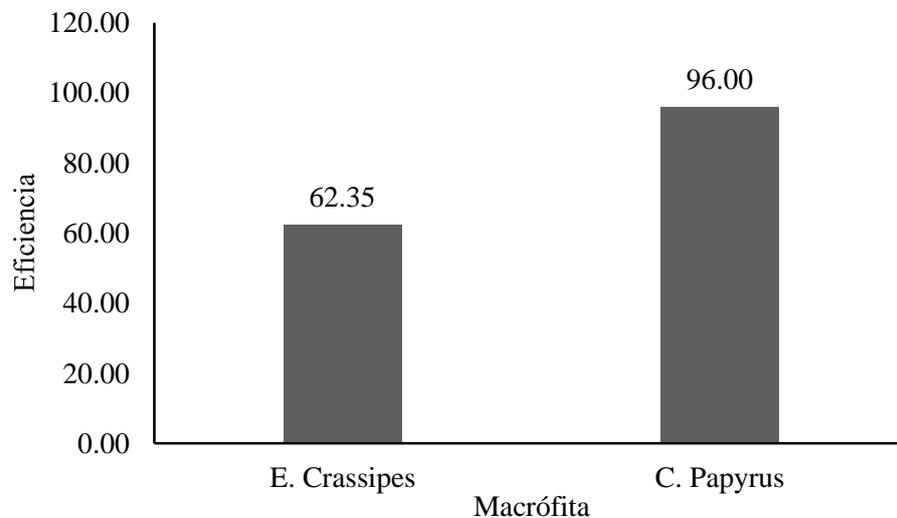


Figura 1. Comparación de la eficiencia de remoción de DBO

Fuente: Adaptado de: Rodríguez & García (2012) y Núñez (2016)

4. Discusión

Se evidenció menores valores de DBO del agua residual doméstica con la especie *C. Papyrus*, que con la especie *E. crassipes*. Esto se debe a la interacción biótica y abiótica en la rizósfera de la especie *C. Papyrus* a que explica su alta eficiencia al tratamiento (Sohair, Mohamed, Magdy, & Mohamed, 2017). También la especie *E. crassipes* tiene la capacidad de bio-sorción para minimizar diversos contaminantes presentes en agua residuales (Sanmuga & Senthamil, 2014). Se discute que la interacción de la temperatura en la actividad biológica influye en retardar o acelerar la reacción microbiana en la remoción de materia de DBO, en cuanto más temperatura hay en el humedal artificial del agua residual doméstica acelera la eficiencia de remoción significativamente (Rincón & Millán, 2013). Por otro lado la eficiencia de *C.Papyrus* sobre *E. Crassipes* es mayor debido que los nutrientes fueron sustancialmente mayores, la cantidad de nutrientes es debido a la absorción y almacenamiento de plantas con esto se contribuyó a que la eficiencia del tratamiento sea más efectiva; también el *C.Papyrus*

muestra una mayor cantidad de raíces adventicias (Josep, Frank, Lema, & Gunnel, 2004). Midiéndose cada 7 días los parámetros entre ellos DBO en la ciudad de Calceta del Cantón Bolívar, se obtuvo como resultado una eficiencia en la remoción de materia orgánica con la especie *C.Papyrus*, se obtuvo una diferencia considerable, teniendo en cuenta que los valores iniciales fueron 450mg/m³ de DBO₅ y los valores de resultados DBO₅ de 188,6mg/m³ (Chávez, Morelia, & Loor, 2019). En el tratamiento de aguas residuales con la especie *C. Papyrus*, a una escala piloto con flujo continuo, utilizando muestras de humedales, se evidenció una eliminación de contaminantes del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con un porcentaje del 80,69%. (Patiño, Chávez, Zhinín, & García, 2015). En la investigación realizada en el Cantón de Santa Isabel, con humedales artificiales con flujo horizontal, se demostró que el porcentaje de remoción en materia orgánica es más alto con la especie *C.Papyrus*, utilizando como muestra el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (Vely, Inchausti, Argüello, Gutiérrez, & Colmán, 2015). Al final del monitoreo de un estudio comparativo entre especies acuáticas se obtuvo que la especie *C. Papyrus* tiene un alto porcentaje en remoción con un 88% de efectividad, con un humedal producido de manera natural (García F. , 2020). Para la purificación eficiente del agua se recomienda la eliminación de macrofitas acuáticas de los cuerpos de agua porque se observó una reducción porcentual considerable en el parámetro tratado con los fitorremediadores (Oluwakunmi & Mohd, 2011).

5. Conclusiones

Después de haber indagado y comparado las distintas tesis se logró identificar que la eficiencia de remoción del parámetro químico de DBO fue más alta con la especie *C. Papyrus*, con un 96 % a un tiempo de retención de 7 días, a la diferencia de la especie *E. crassipes*, se obtuvo un 62.35% a un tiempo de retención de 8 días. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) cumple con la normativa peruana del D.S. N° 003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales. Afirmando que el tratamiento biológico de las aguas residuales domésticas es apta para el riego en el medio o en cuerpo receptor.

Según las investigaciones realizadas en la discusión se define que la eficiencia de la DBO se debe a la interacción de las raíces de estas especies acuáticas y a la superficie del sustrato. Por bacterias facultativas, aerobias y anaerobias en las plantas cumpliendo la función de degradar la materia orgánica, en este caso la especie *C. Papyrus* contiene gran cantidad de raíces a la diferencia de la *E. crassipes*.

Por el cual se concluye que estas especies acuáticas es una buena alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que no tienen más planificaciones o requerimientos, ni se necesita personal calificado para la plantación y el mantenimiento, los costos son bajos y es una tecnología amigable con el medio ambiente.

6. Agradecimiento

En primer lugar, el agradecimiento al creador Jehová por la vida y la salud que nos permitieron culminar satisfactoriamente la carrera de Ingeniería Ambiental.

A PRONABEC porque a través del programa “Beca 18” fomentada por el estado, contribuyó a que fuera posible el desarrollo de nuestros estudios académicos.

Al ingeniero Jhon Patrick Ríos Bartra, por la conducción del curso de “Investigación”

Al ingeniero Carmelino Almestar Villegas, por su ayuda y contribución en esta investigación cumpliendo el papel de asesor.

8. Referencias

- Arocupita, J. H. (2013). *Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en Massiapo del Distripo de Alto Inambari-Sandia*. Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4516>
- Atenea. (2004). *Análisis organoléptico y set de sólidos*. Recuperado el 14 de abril de 2020, de http://atenea.udistrital.edu.co/grupos/fluoreciencia/capitulos_fluoreciencia/calaguas_cap4.pdf
- Camacho, J., & Ordoñez, L. (2008). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de recuperación de aguas residuales con Eichhornia crassipes para el postratamiento del efluente del reactor anaerobio a flujo pistón de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Bucaramanga, Colombia.
- Celis, J., Junod, J., & Sandoval, M. (2005). *Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas*. Obtenido de <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a2.pdf>.
- César Valdez, E., & Vasquez González, A. B. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. México.
- Chávez, Q., Morelia, A., & Loor, E. S. (2019). Incidencia de la vegetación en la remoción de materia orgánica en aguas residuales urbanas. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí*, 32. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/1195>
- Coronel, E. (2016). *Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y Lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas*. Chachapoyas. Obtenido de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/657/EFICIENCIA%20DEL%20JACINTO%20DE%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Delgadillo, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Bolivia.: Programa ALFA. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- Díaz, H. S., & Caballero, J. R. (2015). *Simulación de una planta de tratamiento de aguas residuales y su análisis Técnico-económico-ambiental en la ciudad de Iquitos mediante el uso de Super Pro Designer V 6 - 2015*. Iquitos. Obtenido de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4712>
- Flores. (2014). *Macrófitas*. Obtenido de <https://www.flores.ninja/macrofitas/>
- García, F. (2020). Treatment of municipal wastewater by vertical subsurface flow constructed wetland: Data collection on removal efficiency using Phragmites Australis and Cyperus Papyrus. *Data in Brief*, 1. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340920304789>
- García, J. W. (2004). *Tesaurus de Ingeniería Ambiental y Sanitaria*.
- García, Patino, & Zhinín. (2019). Performance of Phragmites Australis and Cyperus Papyrus in the. *International Soil and Water Conservation Research*, 1.
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de la investigación Holística*. Obtenido de <https://ayudacontextos.files.wordpress.com/2018/04/jacqueline-hurtado-de-barrerametodologia-de-investigacion-holistica.pdf>
- Josep, K., Frank, K., Lema, G., & Gunnel, D. (2004). A comparative study of Cyperus papyrus and Miscanthidiumviolaceum-based constructed wetlands for wastewater treatment in a tropical climate. *WATER RESEARCH*, 4. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14675660/>
- León, M., & Lucero, A. (2009). *Estudio de Eichhornia crassipes, Lemna gibba y azolla filicoides en el tratamiento biológico de aguas residuales domesticas en sistema comunitarios y unifamiliares del cantón cotacachi*. Universidad técnica del norte, Ibarra, Ecuador.
- Llagas, W., & Guadalupe, E. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM*. Revista de Instituto de Investigaciones FIGMM. Obtenido de

- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf.
Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y hacer*. Obtenido de <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16aguas-residuales.pdf>
- Montalván Gonzáles, P. O., & López Barbarán, K. J. (2017). *Eficiencia del humedal artificial con Cyperus papyrus y Typha angustifolia en la depuración de aguas residuales domésticas Habana - 2015*. Moyobamba.
- Núñez, M., Cardenas, C., Hablich, K., Velasquez, W., Isea, D., Trujillo, A., & Otros. (2006). *Uso de un humedal construido como pulimento para efluentes de un sistema de lagunas de estabilización*. Universidad del Zulia. Venezuela: Boletín del centro de Investigaciones Biológicas.
- Núñez, R. M. (2016). *Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente Cyperus Papyrus (Papiro)*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/555>
- Oluwakunmi, C., & Mohd, Y. (2011). *Assessing water hyacinth (eichhornia crassopes) and lettuce (pistia stratiotes) effectiveness in aquaculture wastewater treatment*. Malaysia: ResearchGate. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22567705/>
- Patiño, Chávez, Zhinín, & García. (2015). *Estudio comparativo de la capacidad depuradora de Phragmites Australis y Cyperus Papyrus en Humedales artificiales subsuperficiales con flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en el Cantón Santa Isabel*. Universidad de Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633918302090>
- Rincón, J. A., & Millán, N. F. (2013). *Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales de la Universidad Libre*. Universidad Libre, Bogotá. Obtenido de <https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/9997/EVALUACION%20DE%>

- 20UN%20HUMEDAL%20HSS%20PARA%20LA%20U%20LIBRE..pdf?sequence=1
 Rodriguez , L. D. (2018). *Calidad del Agua*. Obtenido de
<https://www.youtube.com/watch?v=1tBbSqYqtPQ&index=1&list=PLZ0UFciczQg7e>
- Rodríguez, M. I., & García, K. A. (2012). *Depuración de aguas servidas, utilizando especies acuáticas, en la ciudad de Moyobamba-2011*. Moyobamba. Obtenido de
http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/372/TECO_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas, J. A. (2008). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Obtenido de
<https://idoc.pub/documents/tratamiento-de-aguas-residuales-teoria-y-principios-dediseo-jairo-alberto-romero-rojaspdf-d4p7qr82e64p>
- Sanmuga, E., & Senthamil, P. (2014). *Water hyacinth (Eichhornia crassipes) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review*. Tamilnadu, India: Arabian Journal of Chemistry. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/82418496.pdf>
- Sohair, A.-E., Mohamed, E., Magdy, K., & Mohamed, H. (2017). Factors affecting the performance of horizontal flow constructed treatment wetland vegetated with *Cyperus papyrus* for municipal wastewater treatment. *International Journal of phytomedidition*, 2. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/316447186_Factors_Affecting_the_Performance_of_Horizontal_Flow_Constructed_Treatment_Wetland_Vegetated_with_Cyperus_Papyrus_for_Municipal_Wastewater_Treatment
- Vely, Inchausti, Argüello, Gutiérrez, & Colmán. (2015). "Estudio comparativo de la capacidad depuradora de plantas acuáticas del Paraguay". *Repositorio de la Universidad Iberoamericana*, 2. Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/324135000_Evaluacion_de_la_capacidad_depuradora_de_las_plantas_acuaticas_del_Paraguay/link/5ac03a8a45851584fa740509/download