



Eficiencia de Schoenoplectus Californicus y Nasturtion Officinale como Purificadores de Agua en el Efluente Residual de la Granja Experimental de Porcinos

Efficiency of Schoenoplectus californicus and Nasturtion officinale AS Water Purifiers in Residual Effluent From Pigs Experimental Farm

Eficiência de Schoenoplectus Californicus e Nasturtion Officinale como Purificadores de Água no Efluente Residual da Suinocultura Experimental

Alfredo Puma-Sarmiento ^I

alfredpusar@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7703-4001>

Teresa Jesús Gonzales-Huamán ^{II}

Quirahuara1515@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2945-3874>

Russbelt Yaulilahua-Huacho ^{III}

russbeltyauli24@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7007-3059>

William Herminio Salas-Contreras ^{IV}

william.salas@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-7664-3000>

Correspondencia: russbeltyauli24@gmail.com

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

***Recibido:** 10 de octubre de 2021 ***Aceptado:** 24 de diciembre de 2021 * **Publicado:** 03 marzo de 2022

- I. Ingeniero Ambiental y Sanitario, De la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- II. Docente de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- III. Ingeniero Ambiental y Sanitario, De la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- IV. Docente de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.

Resumen

La contaminación del ambiente resulta ser una problemática emergente para la humanidad y siendo las plantas nativas purificadoras de contaminantes, consideradas como tecnologías limpias sostenibles, de ahí el objetivo de evaluar la eficiencia de totora (*Schoenoplectus californicus*) y berros (*Nasturtion officinale*) como purificadores de agua en el efluente residual de la granja experimental de porcinos en la ciudad Universitaria de Paturpampa-Huancavelica, para lo cual se construyó dos pozas con medidas de 1.10 metros de ancho por 2.15 metros de largo y 0.60 metros de profundidad, en cada pozo se evaluaron los siguientes parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Potencial de Hidrogeno, para lo cual se utilizaron equipos tales como multiparámetro portátil Hach modelo HQ40, digester DBR 200, colorímetro Hach-DR900 y ficha de registro. La muestra estuvo conformada de 0.16 m³/día de agua residual con muestreo de tipo aleatorio. El procesamiento de datos se realizó mediante el programa Statistical Analysis System (SAS, 9.4), el resultado fue analizadas mediante la estadística descriptiva e inferencial con un nivel de significancia de 95% de confiabilidad. Los resultados obtenidos muestran un comportamiento normal $Pr < W$, se obtuvo como resultados 0.09 de DQO, 0.78 de OD, 0.99 de CE, 0.77 de T, 0.78 de pH, todas las pruebas presentaron normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk. En conclusión, la mejor eficiencia de remediación de contaminantes en el efluente residual de la granja experimental porcina fue la Totora (*Schoenoplectus californicus*) con 78.88% y Berros (*Nasturtion officinale*) con 78.91%.

Palabras clave: Eficiencia; Humedales Artificiales; Totora; Berros; Efluente residual.

Abstract

Pollution of the environment results to be an emerging problem for humanity and being native plants purifying pollutants, considered as sustainable clean technologies, hence the objective of evaluating the efficiency of the cattail (*Schoenoplectus californicus*) and watercress (*Nasturtion officinale*) as water purifiers in residual effluent from the pig experimental farm in the University City of Paturpampa-Huancavelica, for which two pools were built measuring 1.10 meters wide by 2.15 meters long and 0.60 meters deep, in each well the following parameters were evaluated: Chemical Oxygen Demand, Dissolved Oxygen, Electrical Conductivity, Temperature and Hydrogen Potential, for which equipment such as the Hach HQ40 portable multiparameter, the DBR 200 digester, the Hach-DR900 colorimeter and the registration form were used. The sample

consisted of 0.16 m³ / day of wastewater with random sampling. Data processing was performed using the Statistical Analysis System (SAS, 9.4) program, the result was analyzed using descriptive and inferential statistics with a significance level of 95% reliability. The results obtained show a normal behavior $Pr < W$, the results were 0.09 of COD, 0.78 of OD, 0.99 of EC, 0.77 of T, 0.78 of pH, all the tests presented normality by means of the Shapiro Wilk test. In conclusion, the best pollutant remediation efficiency in residual effluent from the pig experimental farm was Cattails (*Schoenoplectus californicus*) with 78.88% and Watercress (*Nasturtion officinale*) with 78.91%.

Keywords: Efficiency; Constructed wetlands; Cattails; Watercress; residual effluent.

Resumo

A contaminação do meio ambiente acaba sendo um problema emergente para a humanidade e sendo as plantas nativas purificadoras de contaminantes, consideradas tecnologias limpas sustentáveis, daí o objetivo de avaliar a eficiência dos juncos (*Schoenoplectus californicus*) e agrião (*Nasturtion officinale*) como purificadores de água no efluente residual da granja experimental de suínos na Cidade Universitária de Paturpampa-Huancavelica, para o qual foram construídos dois poços com medidas de 1,10 metros de largura por 2,15 metros de comprimento e 0,60 metros de profundidade, em cada poço foram avaliados os seguintes parâmetros : Demanda Química de Oxigênio, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Temperatura e Potencial de Hidrogênio, para os quais foram utilizados equipamentos como multiparâmetro portátil Hach modelo HQ40, digestor DBR 200, colorímetro Hach-DR900 e ficha de registro. A amostra foi composta por 0,16 m³/dia de esgoto com amostragem aleatória. O tratamento dos dados foi realizado por meio do programa Statistical Analysis System (SAS, 9.4), o resultado foi analisado por meio de estatística descritiva e inferencial com nível de significância de 95% de confiabilidade. Os resultados obtidos mostram um comportamento normal $Pr < W$, os resultados foram 0,09 DQO, 0,78 DO, 0,99 CE, 0,77 T, 0,78 pH, todos os testes apresentaram normalidade pelo teste de Shapiro Wilk. Em conclusão, a melhor eficiência de remediação de contaminantes no efluente residual da granja experimental de suínos foi Taboa (*Schoenoplectus californicus*) com 78,88% e Agrião (*Nasturtion officinale*) com 78,91%.

Palavras-chave: Eficiência; Zonas Húmidas Artificiais; Taboa; agrião; Efluente residual.

Introducción

Actualmente, la contaminación del agua es un problema alarmante y global provocado por el mal uso del ser humano. En este sentido, (Tejedor, 2019) afirma el acelerado crecimiento poblacional y la actividad industrial han ocasionado un incremento en la demanda global del agua y, como consecuencia, la generación de elevados volúmenes de aguas residuales. El tratamiento de estos consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tiene como fin de eliminar los contaminantes en el agua. Al respecto, (Sifuentes, 2018) menciona que hoy en día se está notando diversas problemáticas ambientales ocasionadas por diferentes actividades que realiza el hombre provocando diversos impactos al medio ambiente; dentro de los recursos afectados es el agua que es esencial para la vida; por ende, la sobrevivencia de los seres vivos. Este recurso está siendo contaminado por efluentes provenientes de diversas fuentes que vierten las aguas residuales a los cuerpos receptores.

(Tejedor, 2019) en su investigación sobre Estudio del comportamiento de *eisenia foetida* y *schoenoplectrus californicus* en biofiltros de Cáscara de maní para el tratamiento de aguas residuales doméstica, concluye que la evaluación de toxicidad aguda demostró mayor sensibilidad de los individuos de la especie *Schoenoplectus californicus* en comparación a *Eisenia foetida* expuestos a diferentes concentraciones de cáscara de maní. Lo que nos indica que ambas plantas son eficientes. Asimismo, (Arias et al., 2010) en su artículo de investigación Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas, concluye que los medios filtrantes deben ser inertes y poseer condiciones que no aporten nutrientes, color o cambios en los parámetros fisicoquímicos de las aguas tratadas. Los humedales artificiales demuestran nuevamente ser una excelente alternativa para el tratamiento de aguas residuales producto de las actividades del sector pecuario, las cuales se caracterizan por poseer un alto contenido de materia orgánica. Las plantas que se seleccionan para los humedales artificiales deben estar acordes con el clima y las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas que se van a tratar debido a la presencia de componentes que hacen difícil la sobrevivencia de las plantas y del sistema de filtro biogeoquímico. Otra investigación relevante es de (Delgadillo et al., 2010), (Jairo et al., 2007) nos indica sobre la Implementación de un sistema autosostenible en la Granja Agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas, concluye la remoción en concentraciones de DBO, DQO y SST entre el 89% y 93%, y para nitrógeno, fósforo y aceites y grasas se obtuvieron eficiencias entre el 65% y 77%. De remoción en diferentes

concentraciones se obtuvieron una eficiencia aceptable mayores a 50% en descargas de aguas residuales de origen porcícola.

(Huanacuni, 2012) en su investigación Restauración de ecosistema del lago Titicaca con técnicas del trasplante de totora, concluye las técnicas Takxataña y Ch'ampa, 35.8 % y 36.5% en biomasa se obtiene con promedios 320 kg y 300 kg con promedios de 49 y 45 tallos a una altura promedios 1.24 y 1.21 m por plántulas. Asimismo (Martínez et al., 2015) en su trabajo de investigación Evaluación de un sistema de biorremediación de aguas residuales porcícolas en la finca el porvenir, vereda suncunchoque, sector la laja, ubatecundinamarca, y su reutilización con fines agroambientales, concluye donde obtuvieron la mejora de las aguas residuales de origen porcícolas en los parámetros físicos tales como: sólidos suspendidos, sólidos disueltos y sólidos sedimentables además de mejorar parámetros químicos tales como hierro total, DBO, DQO, conductividad eléctrica y zinc. (Duque & Ardila, 2014) en su investigación Evaluación de la eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como post-tratamiento de aguas residuales de una porcícola, concluye la evaluación fue a medida que aumenta la concentración de agua residual, disminuye en remoción de humedales referente a los parámetros fisicoquímicos estudiados, el cual indica el proceso de descolmatación, el sedimento de materia sólida se impide los procesos de degradación de materia necesaria en humedal a eutrofizarse por la excesiva materia orgánica que posee. Por otro lado, (Blanco, 2014) en su investigación sobre la Aplicación de humedales artificiales para la depuración de purines de granjas porcinas, concluye que los sistemas de flujo combinado tipo MJEA para el tratamiento de la fracción líquida de purines de origen porcino son eficientes en el tratamiento de materia orgánica y sólidos en suspensión, sin embargo, su capacidad de tratamiento de nitrógeno y fósforo es limitada. Los filtros de escorias de acería LD son altamente eficientes en la eliminación de fosfatos del agua residual debido a su elevado contenido en calcio. Su utilización presenta inconvenientes relacionados con la hidráulica y longevidad del filtro y el incremento del valor de pH y conductividad del efluente que debe ser corregido antes de su vertido a un cauce receptor. Muchas investigaciones realizadas por (Martínez et al., 2015); (Delgadillo et al., 2010) afirman que el 69% del agua dulce del planeta se utiliza en la agricultura, 23% en la industria y 8% en el consumo doméstico.

Martínez et al., (2015); Abarca, (2005); Huanacuni, (2012) afirman que desde la existencia del ser humano en el transcurso del tiempo, se generaron diferentes problemas ambientales en el accionar con la actividad agropecuaria. Así mismo, Raymundo Díaz & Valdivia, (2018); Montes, (2017) y

(PNUD, 2000) afirman que es frecuente en la mayoría de las comunidades la utilización de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas, como alternativa para deshacerse de los desechos líquidos y sólidos causando problemas ambientales y conflictos a otras áreas y poblaciones que se abastecen de este recurso. Por otro lado, Lapa, (2014); Rodríguez et al., (2006) y Arias et al., (2010) mencionan que a lo largo de los años el incremento de la generación de aguas residuales, ha llevado a realizar nuevas investigaciones como depuración eficiente de la materia contaminante, sistemas económicamente viables y de fácil manejo, una de estas alternativas, es el tratamiento de dichas aguas en humedales artificiales los cuales se asemejan a las condiciones de un humedal natural, para fijar físicamente la materia orgánica y los contaminantes al suelo, utilizan y transforman los elementos del agua, por intermedio de microorganismos, y logran la remoción de los contaminantes con bajos niveles de energía y mantenimiento (García, 2012) (Duque & Ardila, 2014). Así mismo (Caballero, 2013); (Llagas & Guadalupe, 2006) mencionan que los humedales son sistemas naturales o artificiales, que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales que proporcionan la formación de películas bacterianas, lo cual facilita la adsorción de la materia orgánica presente en el agua residual.

Los humedales artificiales tienen la finalidad de reciclar y purificar los pantanos de aguas naturales, este tipo de sistemas varía de acuerdo al terreno y contaminante a tratar, hay que tener en cuenta el tipo de flujo de agua de los humedales ya que estos pueden ser horizontal vertical (Abarca, 2005), (Duque & Ardila, 2014) y (Muruetá, 2014). Además, los humedales híbridos compuestos por un flujo de agua vertical y horizontal dentro del mismo sistema, de acuerdo a esto, la combinación de estos tipos de humedales obtiene buenos rendimientos en la eliminación de DQO, fósforo, metales pesados, microorganismos patógenos; y se mejora la eliminación de nitrógeno al favorecer la nitrificación - desnitrificación y posterior volatilización del nitrógeno gaseoso.

Teniendo en cuenta lo anterior, se busca encontrar alternativas eficientes y económicamente viables en el tratamiento de las aguas residuales desechadas provenientes de las granjas porcícolas, ya que muchas granjas, generan alta carga de contaminantes químicos y biológicos que no deben ser vertidos en los afluentes de aguas naturales, debido a que se pone en riesgo la salud y el medio ambiente, por lo que se muestra como alternativa el modelo piloto de humedales híbridos artificiales, los cuales, son sistemas con remociones de materia orgánica eficientes, de bajo costo y de fácil operación y mantenimiento, comparado con sistemas de tratamientos convencionales, por la cual se plantea evaluar la eficiencia de totora (*Schoenoplectus californicus*) y berros

(*Nasturtion officinale*) como purificadores de agua en efluentes residuales de porcinos de granja experimental en la ciudad Universitaria de Paturpampa Huancavelica.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la granja experimental de porcinos de la Universidad Nacional de Huancavelica, ubicados en 12°46'35.58" Latitud Sur; 74°57'41.73" Longitud Oeste, a 3745 msnm.

Construcción de pozas de humedales artificiales

Para lo cual se construyó dos pozas de humedales artificiales de 1.10 metros de ancho por 2.15 metros de largo y 0.60 metros de profundidad. Como se detalla en la figura 1.

Figura 1 Pozas de humedales artificiales instalado en la granja experimental de porcinos en proceso de adaptación de totora y berros.



Evolución de parámetros químico

En cada pozo se evaluaron los siguientes parámetros: (DQO), (OD), (CE), temperatura (°C) y (pH). Para lo cual se utilizaron equipos como multiparámetro portátil Hach modelo HQ40, digestor DBR 200, colorímetro Hach – DR900 previamente organizados con fichas de registro.

Figura 2 Equipos de medición colorímetro portátil Hach-DR900 y multiparámetro marca HACH modelo HQ40.



Pruebas estadísticas

Los datos obtenidos fueron analizados en el paquete estadístico Statistical Analysis System SAS 9.4 y Excel con nivel de significancia de 95% de confianza mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk.

Resultados

Los resultados de la investigación muestran, en el afluente en la poza 1 demostro un DQO de 559.45 mg/l en el efluente 118.15 mg/l para el tratamiento con totora, se observa un OD en el afluente de 1.11 mg/l y en el efluente 8.25 mg/l además se observa una conductividad eléctrica en el afluente de 843.19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el efluente de 534.98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la misma manera se encontró un pH en el afluente de 6.74 y 7.36, finalmente se encontró una temperatura de 13.49 $^{\circ}\text{C}$ en el afluente y 13.49 $^{\circ}\text{C}$ en el efluente.

Tabla 1 Parámetros químicos en los puntos afluentes y efluentes de totora
Humedal de Totora (*Schoenoplectus Californius*)

	Und.	Fi	Afluent e	Efluente	D.E.	C.V.	Eficiencia (%)
DQO	mg/l	44	559.45	118.15	8.76	1.83	78.88
OD	mg/l	56	1.11	8.25	1.1	6.12	-
Conductivida d eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	56	843.19	534.98	9.56	3.32	-
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	55	13.49	13.49	1.25	9.38	-
pH	Escala	56	6.74	7.36	0.24	3.35	-

Nota: Und = Unidad de medida; Fi = Numero de datos procesados; D.E = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de varianza; DQO = Demanda química de oxígeno; OD = Oxígeno disuelto; pH = Potencial de hidrogeno.

Los resultados de la investigación muestran, en el afluente un DQO de 559.45 mg/l y en el efluente 118.15 mg/l para el tratamiento con berros, se observa un OD en el afluente de 1.11 mg/l y en el efluente 3.07 mg/l además se observa una CE en el afluente de 843.19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el efluente de 642.48 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de la misma manera se encontró un pH en el afluente 6.74 y en el 7.29 finalmente se encontró una temperatura de 13.49 °C en el afluente y 13.32 °C en el efluente.

Tabla 2 Parámetros químicos en los puntos afluentes y efluente de berros
Humedal de Berros (*Nasturtion officinale*)

Evaluación de parámetros químicos	Und	Fi	Afluente	Efluente	D. E.	C. V.	Eficiencia %
DQO	mg/l	44	559.45	118.00	3.75	3.83	78.91
OD	mg/l	56	1.11	3.07	0.27	0.75	-
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	56	843.19	642.48	4.99	6.84	-
Temperatura	°C	5.5	13.49	13.32	2.15	1.59	-
pH	Escala	5.6	6.74	7.29	6.45	0.44	-

Nota: Und = Unidad de medida; Fi = Numero de datos procesados; D.E = Desviación estándar; C.V. = Coeficiente de varianza; DQO = Demanda química de oxígeno; OD = Oxígeno disuelto; pH = Potencial de hidrogeno

Discusión

A partir de los resultados encontrados, en la investigación realizada en el sistema de los humedales artificiales del DQO en el afluente de 559.45mg/l en el efluente 118.15 mg/l para el caso de totora, en berros en el afluente 559.45mg/l en el efluente 118.00 mg/l con una remoción de 78.88% en totora y 78.91% en berros, la totora y berros es eficiente para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. Estos resultados son mayores a lo que sostiene (Blanco, 2014) que muestra valores promedios de 380.1 mg/l en el afluente y 123.1 mg/l en el efluente en humedales de flujo superficial, con micrófitos *Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*. Los resultados encontrados en este trabajo de investigación son menores con lo que sostiene (Duque & Ardila, 2014) donde obtuvo promedio medias de 1256 mg/l en el afluente y 389 mg/l en el efluente con humedal híbrido convencional y 1256 mg/l a 400 mg/l con humedal híbrido modificado. Los resultados encontrados

guarda relación con lo que sostiene (Martínez et al., 2015) donde determino que el DQO, tuvo una disminución menor o igual al 20%, al realizar el análisis comparativo entre entrada y salida donde muestra una disminución de 67 % en la carga química de oxígeno. Los resultados guardan relación con lo que sostiene (Sifuentes, 2018) donde el valor de DQO se encuentra en 68.3% de eficiencia en el tratamiento. Guarda relación con lo que sostiene Tito (2015) donde muestra el 76.85% es superior al resultado de la investigación. Los resultados por (Raymundo, 2017) es menor a nuestro resultado donde Sapallanga redujo un 46.67% y Ribera redujo un 31.71%.

En la investigación realizada se demostró que existe un OD en el afluente de 1.11 mg/l en el efluente 8.25 mg/l correspondiente a la totora, mientras que 0.27 mg/l en el afluente y 0.75 mg/l en el efluente correspondiente al berro. Estos resultados obtenidos guardan relación con lo que sostiene (Blanco, 2014) donde obtuvo los valores en lenteja de agua de 17.6 mg/l en el afluente y 4.75 mg/l en el efluente. Por otro lado, en Jacinto de agua obtuvo una media de 4.2 mg/l en el afluente y 5.5 mg/l en el efluente, obteniendo el valor promedio de 4.2 mg/l en el afluente y 4.6 mg/l en el efluente.

En la investigación realizada muestra los datos obtenidos de la CE en el afluente de 843.14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 534.98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el efluente correspondiente a totora, mientras el 843.14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el afluente y 642.48 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el efluente correspondiente a berros. Estos resultados guardan relación a lo que sostiene (Garcia, 2012) que muestran los valores medios en la planta de achira y lenteja de agua, en el humedal de sistemas de flujo continuo se obtuvo un promedio de 583.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el afluente y 484.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el efluente.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación se demostró que existe una temperatura media en el afluente y efluente de 13.49°C, en la humedad de totora, y 13.49°C en el afluente y 13.32°C en el efluente en el humedal de berros. Estos resultados son menores con lo que sostiene (Villarroel, 2005) donde muestra los valores (20.93 °C a 20.60 °C) con humedales de flujo superficial con planta de totora. En relación con Toledo y Duchicela (2014) se guarda relación obtenido los valores medios de (13.3 °C a 13.7 °C). Los resultados por (Garcia, 2012) no coincide con nuestro resultado obtenido, los valores promedios entre 20.3 °C a 20 °C en el humedal del sistemas de flujo continuo con planta de Jacinto de agua.

Según los resultados obtenidos de pH en la presente investigación en sistema de humedales artificiales se logró un promedio en el afluente de 6.74 y 7.36 en el efluente del humedal de totora, mientras que en los berros entre los rangos de 6.74 y 7.29 en el efluente del humedal de berros.

Guarda relación con lo que sostiene (Blanco, 2014) donde muestra los valores de 7.5 a 7 con humedales de flujo superficial, flujo subsuperficial con *macrófitos Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*. De la misma manera guarda relación con lo que sostiene (Ávalos, 2005) donde obtuvo medias de 7.07 a 7.10 con humedales de flujo superficial con planta de totora.

Conclusiones

- La mejor eficiencia en remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina fue de la Totora (*Schoenoplectus californicus*) con 78.88% y Berros (*Nasturtion officinale*) con 78.91%.
- La prueba de normalidad indica un comportamiento normal en totora (*Schoenoplectus californicus*) y berros (*Nasturtion officinale*) en DQO, OD, CE, pH y temperatura es mayor a 0.05 por lo que presenta normalidad según la prueba de Shapiro- Wilk.

Referencias

1. Abarca, F. J. (2005). *Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos*. 1–32. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/533/tecnicas.pdf>
2. Arias, S., Betancur, F., Gómez, G., Salazar, J., & Hernández, M. (2010). *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. 1–11. <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Fitorremediacion con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas.pdf>
3. Blanco, I. (2014). *Aplicación de humedales artificiales para la depuración de purines de granjas porcinas* [Universidad de León]. <https://www.aguasresiduales.info/idi/tesis-doctorales/aplicacion-de-humedales-artificiales-para-la-depuracion-de-purines-de-granjas-porcinas>
4. Caballero, A. (2013). *Sistema de depuración de aguas residuales de origen ganadero. Humedales artificiales*. [Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=51561>
5. Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales* (Nelson Ant). <https://blogdelagua.com/wp->

content/uploads/2013/02/depuracion_de_aguas_residuales_por_medio_de_humedales_artificiales.pdf

6. Díaz, E., & Valdivia, I. (2018). *Efectos del tiempo de retención y variación de especies de plantas ornamentales para la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas - Cajamarca, 2018* [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/13951>
7. Duque, A., & Ardila, J. (2014). *Evaluación de la eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como post-tratamiento de aguas residuales de una porcícola* [Universidad Tecnológica de Pereira]. <http://hdl.handle.net/11059/4607>
8. Garcia, Z. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas* [Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>
9. Huanacuni, V. (2012). *Restauración de ecosistema del lago titicaca con técnicas del trasplante de totora* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/251>
10. Jairo, J., Peña, A., Gabriel, L., & Malagón, Z. (2007). *Implementación de un sistema autosostenible en la Granja Agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas.*
11. 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* [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1201/Tesis_IAG46_Lap.pdf?sequence=1&isAllowed=y
12. Llagas, W., & Guadalupe, E. (2006). *Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM.* 15, 85–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.699>
13. Martínez, M., Murcia, D., & Suárez, Y. (2015). *Evaluación de un sistema de biorremediación de aguas residuales porcícolas en la finca el porvenir, vereda suncunchoque, sector la laja, ubate – cundinamarca, y su reutilización con fines agroambientales* [Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <http://hdl.handle.net/10656/3339>

14. Murueta, L. (2014). *Efecto de la carga orgánica y de nutrientes y su biorremediación en sedimentos de ecosistemas acuáticos con distintas características ecológicas* [Universidad de Valencia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=87232>
15. PNUD. (2000). *Técnicas de reimplante de totora de el ámbito peruano del sistema T.D.P.S.* http://www.alt-perubolivia.org/Web_Bio/PROYECTO/Docum_peru/21.03 P1.pdf
16. Raymundo, J. R. (2017). *Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la Punta - Sapallanga* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3873>
17. Sifuentes, L. (2018). *Eficiencia del berro (*Nasturtium officinale*) de diferentes edades en humedales artificiales para la depuración de los purines de la porcícola comunal de Acopalca-Huari-Ancash-2018*. 1–111. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/18314>
18. Tejedor, J. (2019). *Estudio del comportamiento de eisenia foetida y schoenoplectus californicus en biofiltros de Cáscara de maní para el tratamiento de aguas residuales doméstica*. 1–134.
19. Villarroel, C. (2005). *Tratamiento terciario del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales el cortijo para uso agrícola con humedales construidos de flujo superficial* [Universidad Nacional de Trujillo]. <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/81830>