



Eficiencia de humedales artificiales de totora y berros sobre efluentes de granja porcícola, Perú

Efficiency of artificial wetlands of totora and berros on effluents of granja porcícola, Peru

Eficiência de países húmidos artificiais de totora e berros sobre efluentes de granja porcícola, Peru

Víctor Guillermo Sánchez Araujo

victor.sanchez@unh.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco, Perú

Pedro Antonio Palomino Pastrana

pedro.pastrana@unh.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7833-6805>

Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú

Rafael Julián Malpartida Yapias

rmalpartida@unaat.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-2222-4879>

Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Junín, Perú

Artículo recibido 15 de marzo 2021 / Arbitrado y aceptado 06 de abril 2021 / Publicado 04 de mayo 2021

RESUMEN

La investigación se realizó para evaluar la eficiencia de humedales artificiales de *Shoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtion officinale* (berros) sobre los contaminantes de efluentes de granja de porcinos en Huancavelica. Para determinar la eficiencia de cantidad de la materia orgánica removida por los humedales artificiales se determinó la demanda química de oxígeno (DQO) y oxígeno disuelto (OD), para esto se utilizó el digestor y el colorímetro portátil Hach DR900. Los resultados obtenidos de la eficiencia del humedal artificial de la totora al ingreso y salida fue de 559.45 mg/l y 118.15 mg/l de DQO, de 1.11 a 8.25 mg/l OD, de 843.19 a 534.98 mg/l de conductividad eléctrica, 13.49 a 13.49 °C de temperatura, 6.74 a 7.36 de pH, y para el humedal artificial de berros fue de 559.45 mg/l y 118.00 mg/l de DQO, 1.11 a 3.07 mg/l OD, 843.19 a 642.48 mg/l de conductividad eléctrica, 13.49 a 13.32 °C de temperatura, 6.74 a 7.29 de pH respectivamente. En conclusión, la eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) es de 78.88 % y *Nasturtion officinale* (berros) 78.91%, en la remoción de contaminantes del efluente de la granja de porcinos en Huancavelica.

Palabras clave: humedales artificiales; remoción; efluente; demanda química de oxígeno; oxígeno disuelto

ABSTRACT

The investigation was carried out to evaluate the efficiency of artificial wetlands of *Shoenoplectus californicus* (cattail) and *Nasturtion officinale* (watercress) on the pollutants of effluents from the pig farm in Huancavelica. To determine the efficiency of the amount of organic matter removed by the constructed wetlands, the chemical oxygen demand (COD) and dissolved oxygen (DO) were determined, for this, the digester and the portable Hach DR900 colorimeter were used. The results obtained from the efficiency of the artificial reed wetland at entry and exit was 559.45 mg / l and 118.15 mg / l of COD, from 1.11 to 8.25 mg / l DO, from 843.19 to 534.98 mg / l of electrical conductivity, 13.49 at 13.49 °C of temperature, 6.74 to 7.36 of pH, and for the artificial watercress wetland it was 559.45 mg / l and 118.00 mg / l of COD, 1.11 to 3.07 mg / l DO, 843.19 to 642.48 mg / l of electrical conductivity, 13.49 to 13.32 °C of temperature, 6.74 to 7.29 of pH respectively. In conclusion, the efficiency of the artificial wetlands of *Schoenoplectus californicus* (totora) is 78.88% and *Nasturtion officinale* (watercress) 78.91%, in the removal of pollutants from the effluent of the pig farm in Huancavelica.

Key words: constructed wetlands; removal; effluent; chemical oxygen demand; dissolved oxygen

RESUMO

A pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a eficiência de áreas úmidas artificiais de *Shoenoplectus californicus* (taboa) e *Nasturtion officinale* (agrião) sobre os poluentes de efluentes da suinocultura de Huancavelica. Para determinar a eficiência da quantidade de matéria orgânica removida pelos alagados construídos, foram determinadas a demanda química de oxigênio (DQO) e o oxigênio dissolvido (OD), para isso foram utilizados o digestor e o colorímetro portátil Hach DR900. Os resultados obtidos da eficiência do brejo artificial de junco na entrada e saída foram 559,45 mg / l e 118,15 mg / l de DQO, de 1,11 a 8,25 mg / l de OD, de 843,19 a 534,98 mg / l de condutividade elétrica, 13,49 em 13,49 °C de temperatura, 6,74 a 7,36 de pH, e para o pantanal artificial deagrião era 559,45 mg / l e 118,00 mg / l de COD, 1,11 a 3,07 mg / l de OD, 843,19 a 642,48 mg / l de condutividade elétrica, 13,49 a 13,32 °C de temperatura, 6,74 a 7,29 de pH, respectivamente. Em conclusão, a eficiência dos pântanos artificiais de *Schoenoplectus californicus* (totora) é de 78,88% e *Nasturtion officinale* (agrião) de 78,91%, na remoção de poluentes do efluente da suinocultura de Huancavelica.

Palavras-chave: áreas úmidas construídas; remoção; efluente; demanda de oxigênio químico; oxigênio dissolvido

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales muchas veces, se originan en las granjas de porcinos, en las que las instalaciones que causaban estiércoles fueron reemplazadas por sistemas de emparrillados o "slats" con limpieza de agua a presión. Esto ha conllevado a un nuevo estiércol denominado purín el cual está constituido por una mezcla de excrementos sólidos y líquidos que son fuente de variados constituyentes minerales como sodio, potasio, nitrógeno, magnesio, calcio, fósforo, cobre, zinc, manganeso, hierro, selenio, boro, y molibdeno (1).

El uso irracional del purín implica puertas de acceso en su mayoría de fósforo y nitrógeno por lixiviación hacia las fuentes de agua sobre todo las superficiales y esto hace que las granjas porcícolas puedan representar una importante fuente de contaminación del agua dado que sus excretas se descargan sin ningún tipo de tratamiento. El exceso de materia orgánica produce una difusión que va a reducir significativamente el oxígeno disuelto de los ecosistemas afectando la flora y fauna por igual, cuyo proceso se conoce como eutrofización (1, 2).

Los abonos con purines impulsan el desarrollo sostenible de actividades agropecuarias, en la actualidad ya son vertederos, por tanto, es necesario nuevos procedimientos de gestión de purines, dado que podrían ocasionar graves problemas de contaminación por acumulación de nitratos en los acuíferos del suelo y ríos (3).

La remoción de contaminantes de las aguas residuales, mediante la actividad biológica, es aprovechable para remover sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas como nitrógeno y fósforo (4). En Perú la disposición final de los desagües domésticos o de otros tipos de insumos a las fuentes de agua es una práctica común, ocasionando la contaminación de estas fuentes y a su vez la

reducción de la vida acuática con el resultante impacto ambiental, siendo peor cuando este recurso hídrico es escaso y no es aprovechado de manera racional (5).

Las aguas residuales de la granja experimental piscícola de la Universidad Nacional de Huancavelica, son vertidas directamente formando un lodazal y cuya descomposición genera olores nauseabundos, y por lixiviación estarían contaminando el río Taccañapampa, y en razón de esto se plantea reducir la contaminación y malos olores mediante el diseño humedales artificiales de *Shoenoplectus californicus* (totora) y *Nasturtium officinale* (berros) sobre los contaminantes de efluentes de granja de porcinos en Huancavelica, como nueva tecnología accesible para el tratamiento de agua contaminadas que se vierten hacia los cuerpos receptores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ámbito de estudio

La Universidad Nacional de Huancavelica, se encuentra a 2 kilómetros de la ciudad de Huancavelica con una altitud de 3737 msnm, con coordenadas UTM: Longitud 504149.77 y Latitud: 8587619.55 en la Zona 18 Sur cuyo clima es variado de templado a frío, con temperaturas medias de 18 a 21°C (6).

Se realizó el estudio, durante los meses de diciembre del 2019, enero y febrero del 2020, se tomaron 22 muestras de aguas residuales sin tratamiento, efluente del humedal artificial de berros y efluente del humedal artificial de totora.

Material biológico y sistemas de humedal superficial

Para el estudio se recolectaron las plantas de totora y berro del lugar denominado totoral Callqui Chico en Huancavelica, y se extrajo en

baldes de 18 litros para evitar el daño de estas y se realizó la adaptación durante 3 semanas en los mismos baldes agregando el agua residual inter diario para que puedan asimilar este tipo de aguas que absorberán durante el tiempo de la investigación. Las plantas se distribuyeron con un espaciamiento de 0.35 m entre plantas y en total se sembraron 12 plantas de totora y berros en cada poza, y se dejaron durante un mes para que las raíces se fijen al lecho filtrante.

Población, muestra y muestreo

La población son los efluentes generados un volumen de 450 l/d de la granja experimental de porcinos de la Universidad Nacional de Huancavelica. El tipo de muestra es puntual porque son puntos específicos y el caudal de ingreso es constante durante las 24 horas. La muestra se sacará 0.16m³/d para el funcionamiento del sistema de los humedales artificiales de totora y berros. El muestro es de tipo aleatorio que se realizó mediante un monitoreo de muestras puntuales en puntos específicos de entrada y salida a los dos tipos de humedales siguiendo el protocolo nacional de la calidad de los recursos hídricos superficiales donde se realizará diario 3 muestras de 250 ml en un envase de pírex resistentes a altas temperaturas para su respectiva esterilización a la entrada y salida de los humedales artificiales durante 4 meses desde el funcionamiento del sistema.

Técnicas de recolección y procesamiento de datos

Para la recolección de datos de los efluentes domésticos generados en los efluentes de la granja experimental de porcinos, se desarrolló un programa de muestreo de mediciones y análisis basado en el Protocolo de Monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas o

municipales. De las aguas residuales porcícolas generados por la granja experimental de porcinos de la Universidad Nacional de Huancavelica se evaluó el caudal y calidad (conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, temperatura y potencial de hidrogeno (pH)) usando el multiparametro portátil Hach modelo HQ40 y el Digestor DBR 200 y colorímetro Hach-DR900.

Y para el procesamiento de datos se realizó la prueba de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA), Prueba de medias de TUKEY. Se utilizó el paquete estadístico (SAS 2009 versión 9,4) y las comparaciones de medias fueron hechas mediante la prueba de Shapiro wilk, y la prueba de hipótesis se realizó mediante la prueba Z proporción, con nivel de significación de 5% de probabilidad, para la normalidad de varianzas se utilizó las pruebas de Shapiro wilk.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la determinación de la concentración de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad Eléctrica (CE), Temperatura, potencial de hidrogeno (pH) de los humedales de Schoenoplectus californicus (totora) y Nasturtion officinale (berros) en la remoción de contaminantes del efluente de la granja experimental porcina en la ciudad Universitaria de Paturpampa Huancavelica 2018-2019.

En relación a la eficiencia de demanda química de oxígeno (DQO) (Gráfico 1), con una eficiencia, 559.45 media del afluyente y 118.15 del efluente de salida, se puede decir estadísticamente que existe una eficiencia del humedal de totora por tanto que el sistema degrada la materia orgánica de contaminantes del efluente de la granja porcicola.

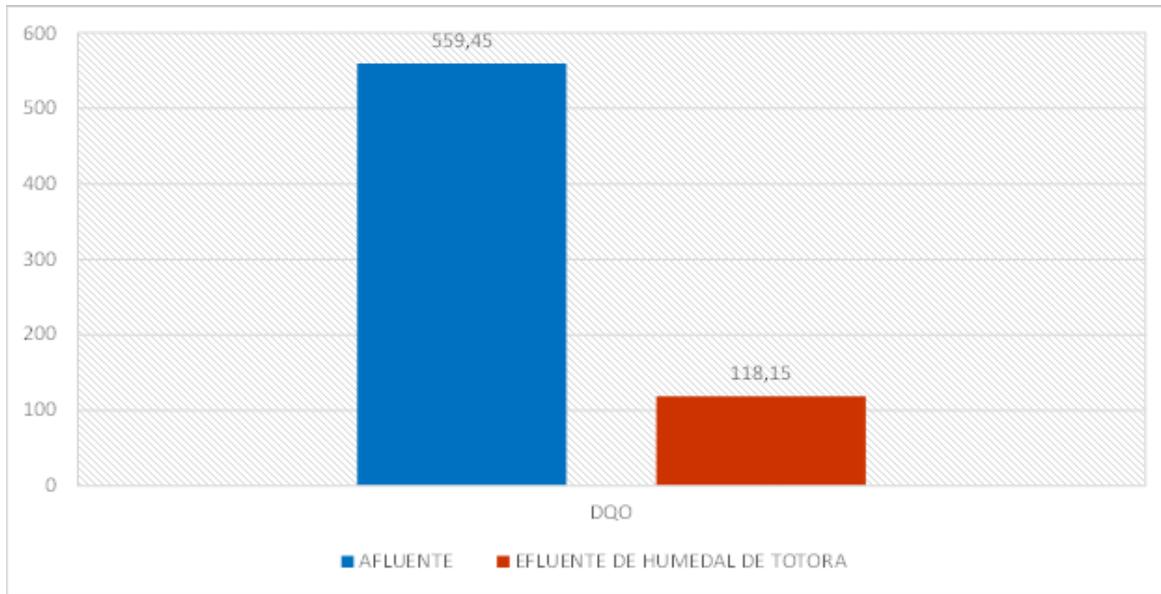


Gráfico 1. Comparación de la demanda Química de Oxígeno del afluente y efluente del humedal de totora.

En relación al oxígeno disuelto (Gráfico 2), se observó que en el afluente se tuvo una media de 1.11 ml/l y a comparación del efluente con 8.25 ml/l, denotando un aumento del oxígeno disuelto, lo cual es muy bueno ya que existe

más oxigenación en el sistema, y se debe a una liberación de la saturación de la carga orgánica, lo que beneficia en la recuperación del agua residual de la granja de porcinos.

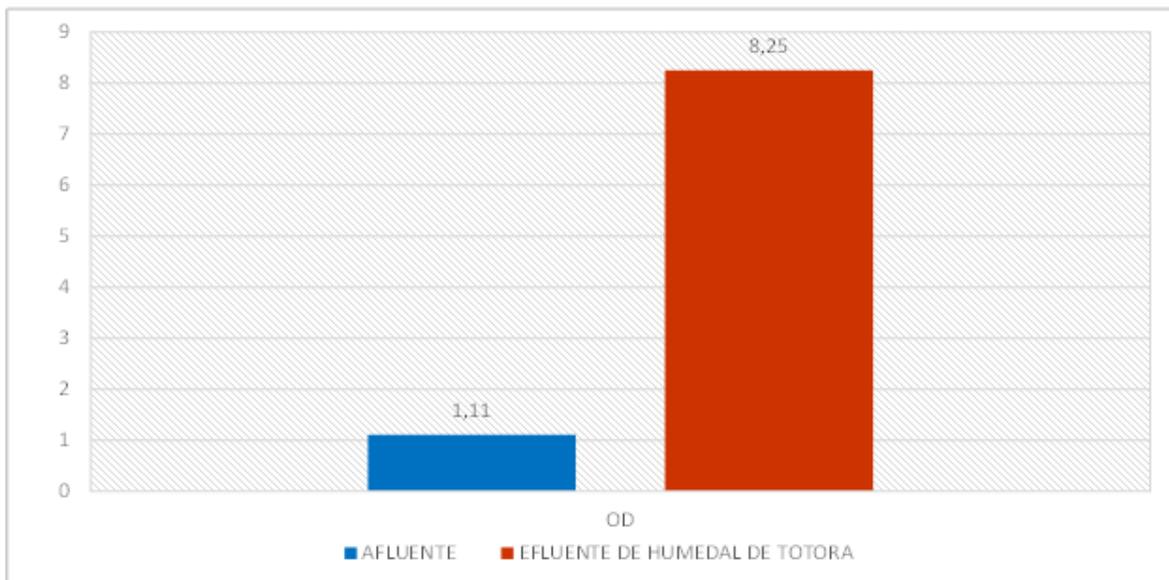


Gráfico 2. Comparación del oxígeno disuelto del afluente y efluente del humedal de totora.

En relación a la conductividad eléctrica (Gráfico 3), se observó que hay una disminución considerable. Esto se debe a que las plantas neutralizan este indicador el cual es muy

beneficioso para el tratamiento de efluentes y se demuestra con el afluente 843.19 us/cm², a comparación del efluente que tuvo una disminución a 534.98 us/cm².

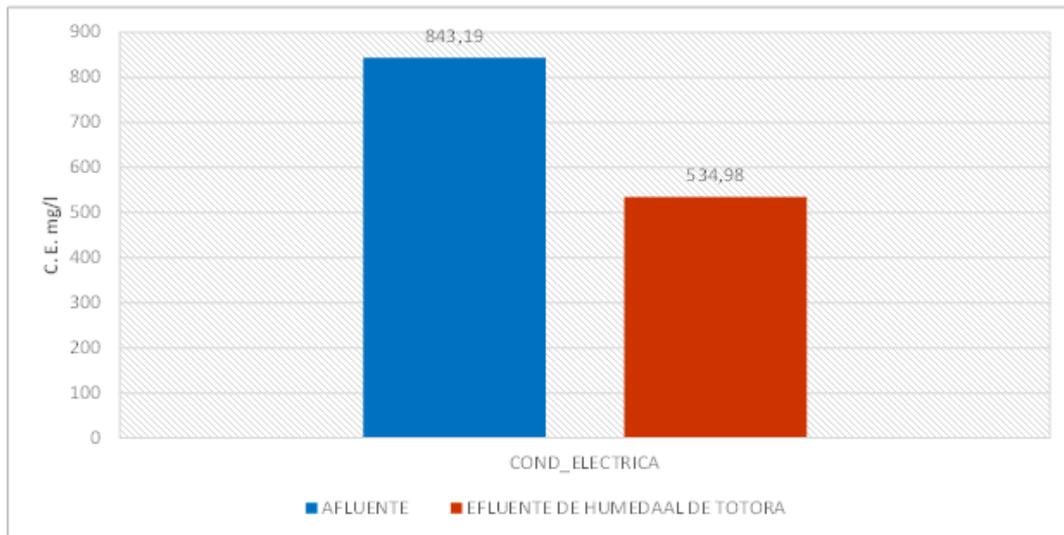


Gráfico 3. Comparación de la conductividad eléctrica disuelto del afluente y efluente del humedal de totora.

Según los resultados obtenidos sobre la temperatura (Gráfico 4), se ha logrado un resultado de la temperatura estable tanto

de afluente y efluente en 13.49°C, se puede evidenciar que temperaturas mejoran el tratamiento de aguas residuales porcícolas.

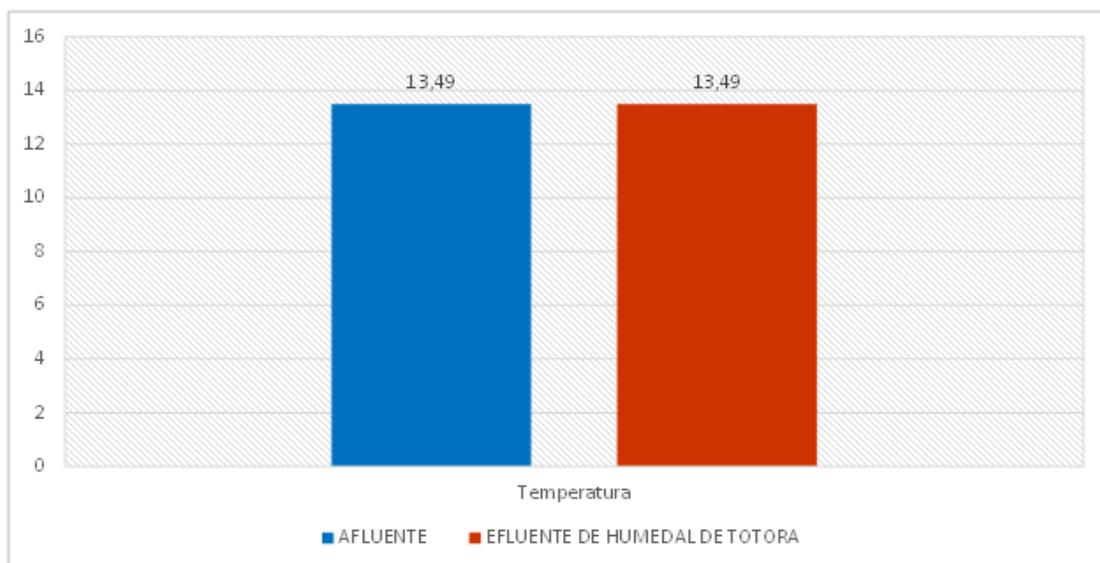


Gráfico 4. Comparación de la temperatura del afluente y efluente del humedal de totora..

En relación al potencial de hidrogeno (pH) (Gráfico 5), se observó que hay un aumento, de 6.74 en el afluente considerado un medio ácido, a 7.36 en el efluente, que es un medio

neuro, siendo este valor de pH adecuado para cualquier tipo de tratamiento de agua residual y es un indicador que hay una eficiencia del sistema utilizado.

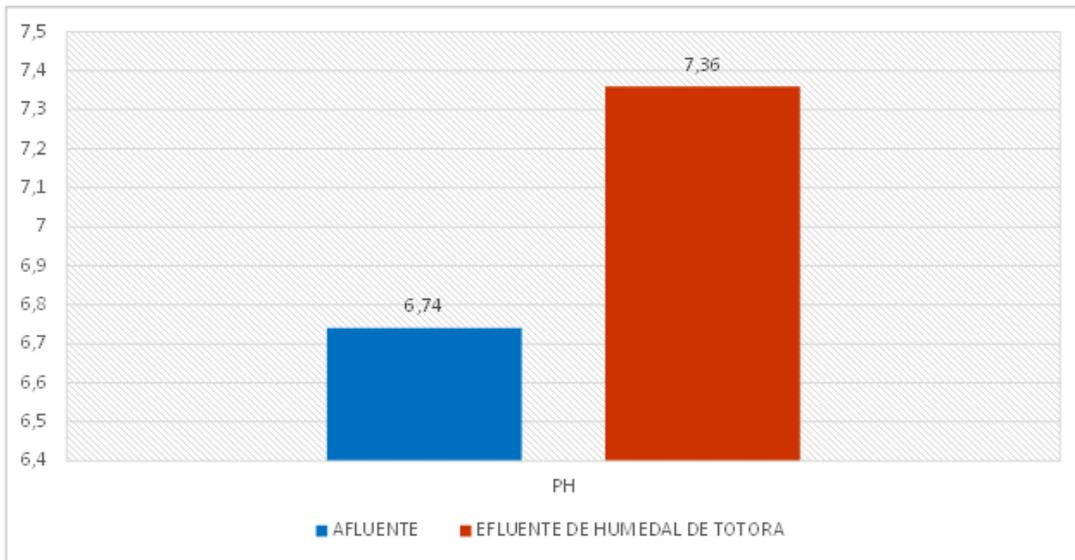


Gráfico 5. Comparación del pH del afluente y efluente del humedal de totora.

En relación a la demanda química de oxígeno (DQO) (Gráfico 6), se puede observar la eficiencia 559.45 para el afluente y 118 del efluente, se puede decir estadísticamente que

existe una eficiencia del humedal de berros, por tanto, que el sistema degrada la materia orgánica.

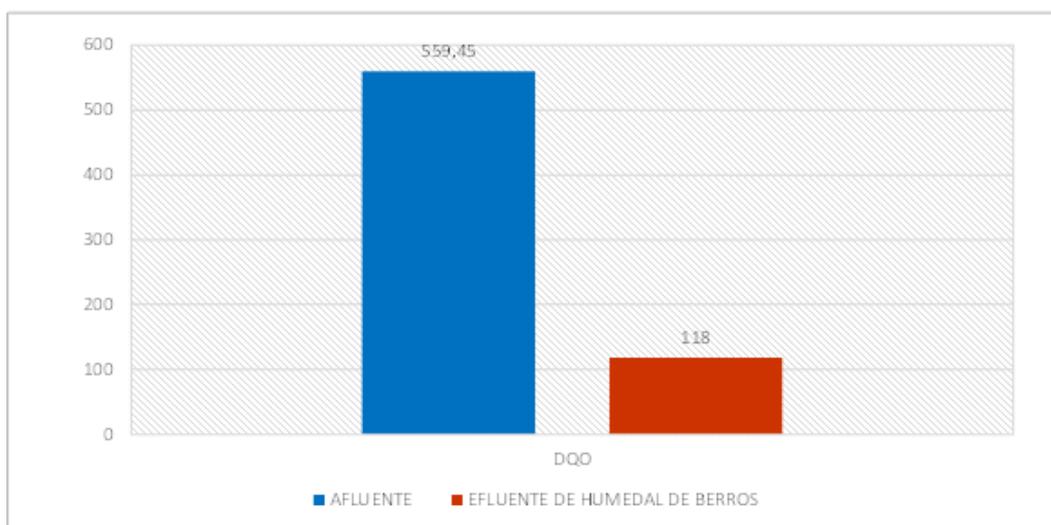


Gráfico 6. Comparación de la demanda química de oxígeno del afluente y efluente del humedal de berros.

En relación al oxígeno disuelto (Gráfico 7), se observó que aumentó y se debe a una liberación de la saturación de la carga orgánica, esto beneficia a la recuperación del agua residual, en el afluente se tuvo un resultado

de 1.11 ml/l y a comparación del efluente tuvo un aumento de 3.07 ml/l. el cual es muy bueno el aumento de oxigenación en el sistema así poder disponer las aguas residuales porcícolas al cuerpo receptor.

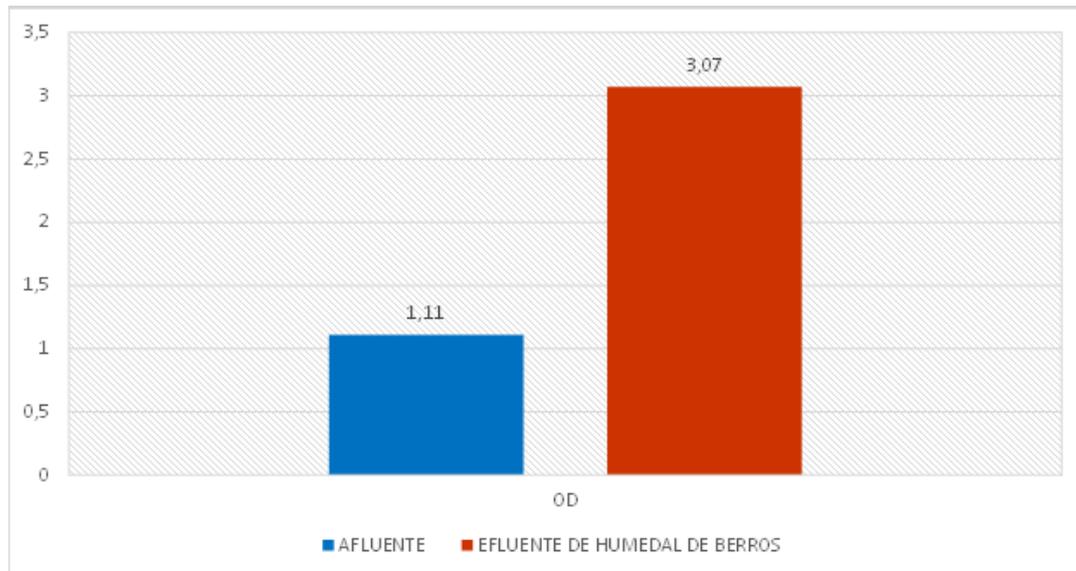


Gráfico 7. Comparación del oxígeno disuelto del afluente y efluente del humedal de berros.

En relación a la conductividad eléctrica (Gráfico 8), hay una disminución considerable esto se debe a que las plantas neutralizan este indicador el cual es muy beneficioso para

el efluente del sistema donde se obtuvo en el afluente de 843.19 us/cm² y del efluente una disminución a 642.48 us/cm², ello indica muy significativo este indicador de campo.

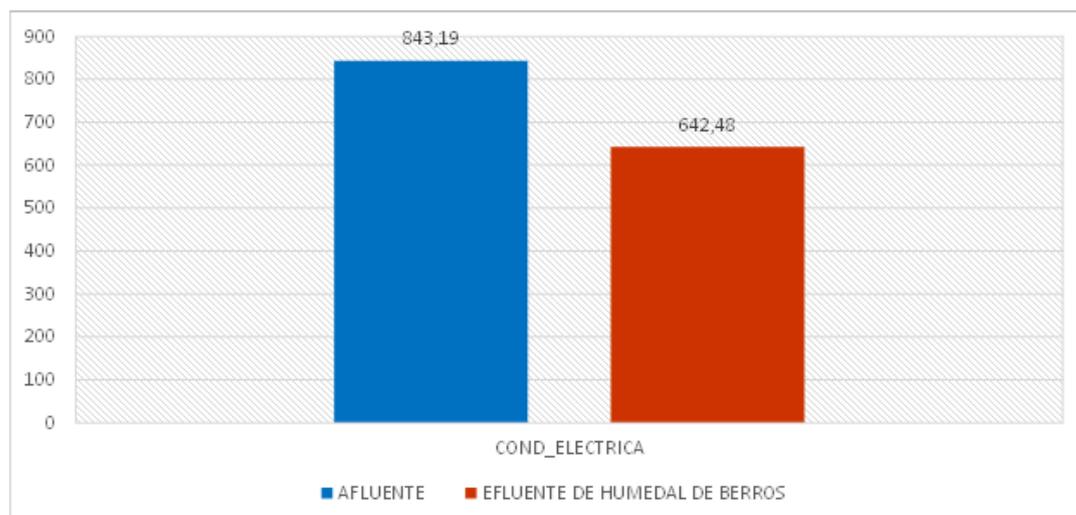


Gráfico 8. Comparación de la conductividad eléctrica del afluente y efluente del humedal de berros.

Según los resultados obtenidos para la temperatura (Gráfico 9), en el sistema de humedal artificiales de berro, han logrado una temperatura del afluente de 13.49°C, y

en efluente 13.32°C, se puede evidenciar que disminuye en un porcentaje mínimo mejorando el tratamiento de aguas residuales porcícolas.

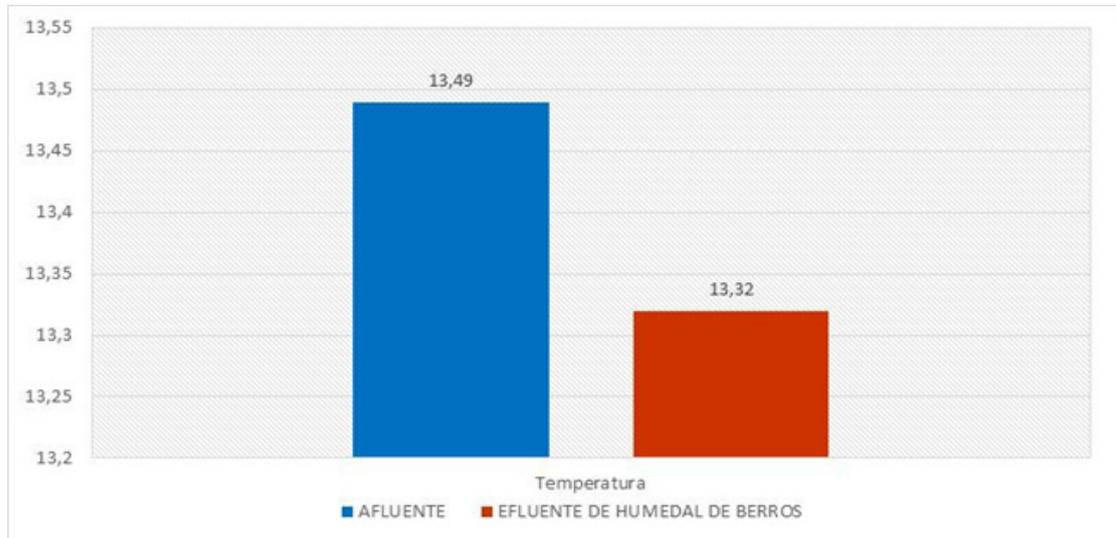


Gráfico 9. Comparación de la temperatura del afluente y efluente del humedal de berros.

En relación al potencial de hidrogeno (pH) (Gráfico 10), se observó que hay un aumento de 6.74 que se encontraba el agua acida subiendo

a 7.29 a la zona neutra, el cual es adecuado y es un indicador que en campo te indica que el sistema está funcionando.

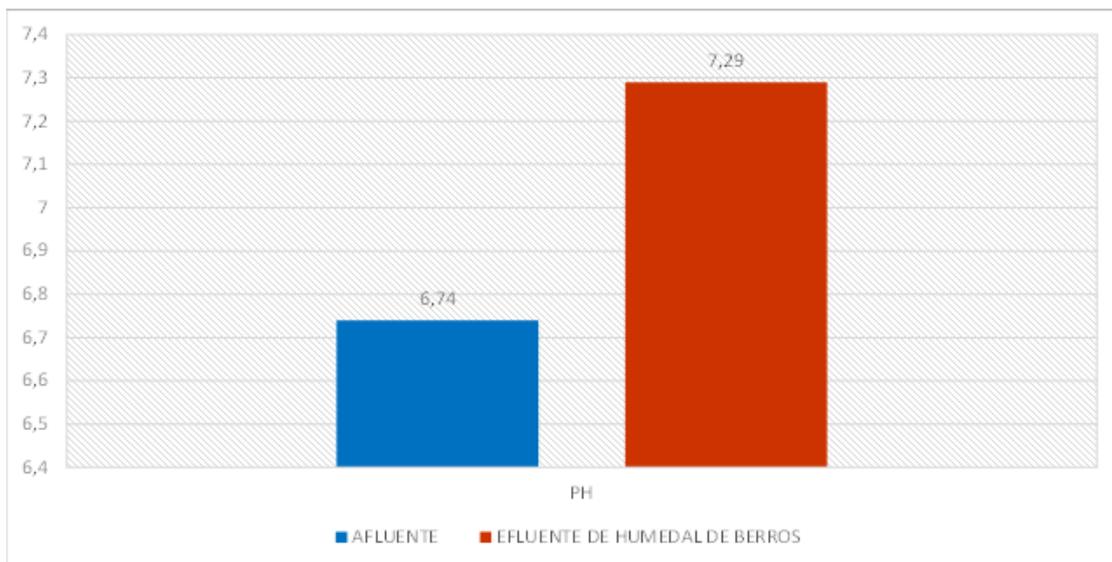


Gráfico 10. Comparación del pH del afluente y efluente del humedal de berros.

En el gráfico 11, se observa que el humedal artificial de berros se obtuvo una eficiencia de 78.91%, superando la eficiencia humedal artificial de totora de 78.88%. Por lo tanto, el

humedal artificial de berro tuvo un porcentaje mayor en la degradación de la materia orgánica a que tiene mejor propiedad de absorción de nutrientes.

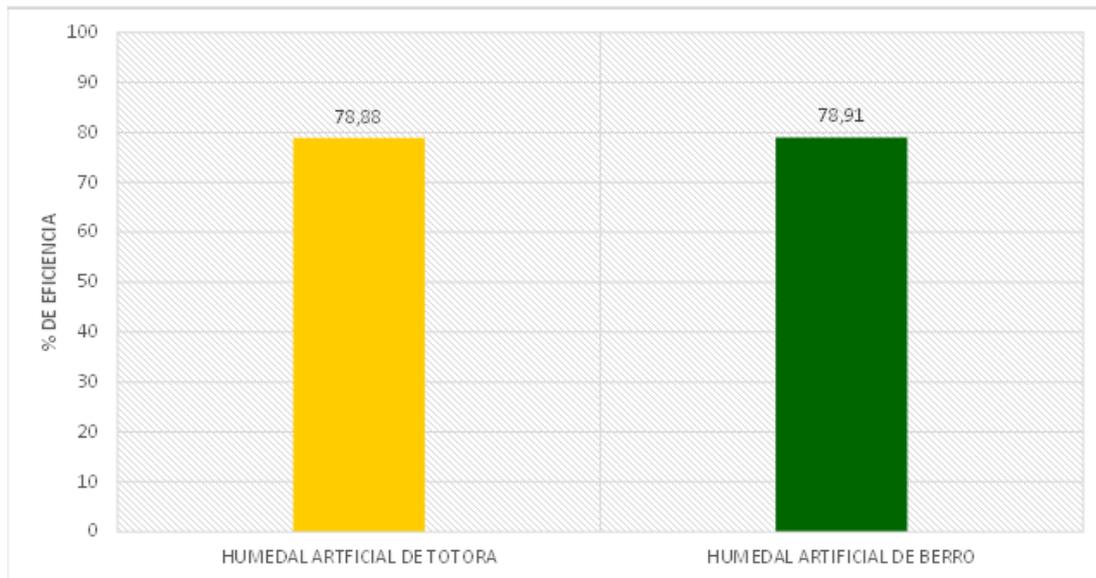


Gráfico 11. Porcentaje de eficiencia de los humedales artificiales de totora y berros.

Discusión

Según los resultados encontrados con los dos tipos de plantas usadas en los sistemas de humedales artificiales de totora y berros, con el tiempo de retención hidráulica de 3 días y el sustrato con una porosidad de 38%, han logrado una remoción de materia orgánica en un porcentaje de 78.88% en el humedal de totora y 78.91 % en el humedal de berros, se puede evidenciar que el humedal de berros es más eficiente para el tratamiento de aguas residuales porcícolas. De acuerdo a De la Mora et al. (2), consiguió una remoción de 74.9% con un humedal de totora con sustrato de una mezcla piedra volcánica, arena y arcilla, indicando que los resultados varían de acorde con el tipo de planta y sustrato a usar en el sistema. Según Blanco (1), alcanzó medias de

380,1 mg/l del afluente a 123,1 mg/l del efluente con humedales con *Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*, ante esto se indica una diferencia significativa en relación a nuestra investigación porque tiene un mayor porcentaje de remoción de materia orgánica. En relación a Duque y Ardila (7), alcanzó medias de 1256 mg/l del afluente a 389 mg/l del efluente con humedal híbrido convencional y 1256 mg/l a 400 mg/l con humedal híbrido modificado, funcionando los sistemas en paralelo; este sistema empleado se asemeja al de nuestra investigación resultando mejores porcentajes de eficiencia. Según Martínez et al. (8), encontró una disminución del 20% respecto al DQO, y una disminución de un 67 % al realizar el análisis comparativo de la entrada y salida, esto sería por la alta carga de contaminantes, además por la magnitud del

espacio utilizado, esta investigación coincide dado que también se tuvo una carga orgánica muy alta. Según Sifuentes (9), el parámetro de DQO varía en su concentración y su máxima reducción al emplear el tiempo de retención hidráulica de 24 horas con un 68.3% de eficiencia, por tanto en nuestra investigación los sistemas de humedales son más eficiente para la remoción de materia orgánica. Según Raymundo (10), el humedal natural de berros en Sapallanga redujo en un 46.67% el DQO, y en la Ribera redujo un 31.71% el DQO, y el humedal natural de totora en Chupaca redujo un 35.71% los niveles de DQO, con esto se indica que nuestra investigación la eficiencia de remoción usando humedales de berro y totora es superior.

Respecto a los tipos de plantas usados en los sistemas de los humedales artificiales de tipo flujo subsuperficial, con el tiempo de retención hidráulica de tres días y el sustrato con un 38% de porosidad, han conseguido un acrecimiento del oxígeno disuelto y un promedio de media de ingreso de 1.11mg/l, las salidas humedal de totora, 8.25mg/l y humedal de berros, 3.07mg/l se alcanza demostrar que el humedal de totora es más eficiente mejorando una aireación para el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Blanco (1) obtuvo medias de 5mg/l a 1.7 mg/l con humedales de flujo subsuperficial con micrófitos *Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*, además García (11) consiguió medias de 11.58 mg/l del afluente a 15.61 mg/l en el efluente con humedal de sistemas de lenteja de agua, y 17.6 mg/l del afluente a 4.75 mg/l en el efluente con humedal de sistemas una planta de Jacinto de agua, con los antecedentes mencionados se puede evidenciar que hay una mejora en el aumento de oxígeno disuelto en nuestra investigación.

Respecto a la conductividad eléctrica en la presente investigación se ha logrado disminuir

en un promedio de porcentaje de 36.55% en el humedal de totora, 23.80% en el humedal de berros, se puede evidenciar que el humedal de totora es más eficiente para el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Sifuentes (9), la conductividad eléctrica a medida que pasan las semanas disminuye con TRH de 36 horas con un porcentaje bueno, esto debe ser a que se trabajó a una altura de 3101msnm y con respecto al sustrato se utilizó la grava, asimismo Toledo y Duchicela (12) obtuvo medias de 164.1us/cm² del afluente a 67.4 us/cm² del efluente en la cuarta semana de monitoreo con humedales de sistemas por tandas con la planta de achira, con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de lenteja de agua obtuvo medias de 567.6 us/cm² del afluente a 582.7 us/cm² del efluente, con un valor promedio y 583.3 us/cm² del afluente a 484.2 del efluente con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de Jacinto de agua también tiene un valor promedio, por tanto en nuestra investigación se obtuvo disminución de conductividad eléctrica con el tipo de tratamiento realizado.

Respecto a la temperatura se observó promedio de media de afluente de 13.49°C, con humedal de totora, 13.49°C con humedal de berros, 13.32°C se puede evidenciar que el humedal de berros disminuye en un porcentaje mínimo mejorando el tratamiento de aguas residuales porcícolas y Toledo y Duchicela (12) obtuvo medias de 16.3 a 16.2 en la cuarta semana de monitoreo, con humedales de flujo subsuperficial con planta de totora los cuales tampoco son significativos, asimismo García (11) obtuvo medias de 31.2 a 32.1 con humedal de flujo superficial con una planta de lenteja de agua y 32 a 28.2 con humedal de sistemas por tandas con una planta de Jacinto de agua, con humedal de sistemas de flujo continuo con una

planta de lenteja de agua obtuvo medias de 26.6 a 25.4) tiene un valor promedio y 20.3 a 20 con humedal de sistemas de flujo continuo con una planta de Jacinto de agua también tiene valor promedio.

Respecto al pH, han obtenido un aumento y cuyo promedio de ingreso es de 6.74, en ambos afluentes y 7.36 en el efluente del humedal de totora, y 7.29 en berros, evidenciándose que el humedal de totora aumenta en un porcentaje cercano a la neutralidad mejorando el tratamiento de aguas residuales porcícolas y en relación a Sifuentes (9), utilizando el berro de 2 meses en humedales artificiales se obtuvo que los parámetros de pH se mantuvieron constantes, Blanco (1) obtuvo medias de 7.5 a 7 con humedales de flujo superficial con *Typha latifolia* y *Salix atrocinerea*, asimismo Toledo y Duchicela (12) obtuvo medias de 5.6 a 6.36, en la cuarta semana de monitoreo con humedales de flujo sub superficial con planta de totora, con los antecedentes mencionados se puede decir que también en nuestra investigación hay una mejora de pH lo cual es esencial en los efluentes de una planta de tratamiento de aguas residual.

CONCLUSIONES

Se comprobó la eficiencia de los humedales artificiales de *Schoenoplectus californicus* (totora) con una eficiencia de 78.88 % y *Nasturtion officinale* (berros) con 78.91% de eficiencia en la remoción de contaminantes del efluente de la granja porcícola en la ciudad universitaria de Paturpampa en Huancavelica-Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blanco I. Aplicación de humedales artificiales para la depuración de purines de granjas porcinas. 2014. [citado 6 de julio de 2016].

Disponible en: <http://buleria.unileon.es/handle/10612/3669>.

2. De la Mora C, Saucedo Terán R, Barrientos Juárez E, Gómez Rosales S, González Acuña I. & Domínguez Araujo G. Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcícolas. 2014. [citado 4 de junio de 2016]. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4262>.

3. Caballero Lajarín A. Sistema de depuración de aguas residuales de origen ganadero. Humedales artificiales [Internet]. Universidad Politécnica de Cartagena. 2013. [citado 28 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10317/3891>.

4. Arévalo J. Implementación de un sistema auto sostenible en la granja agropecuaria del municipio de Cogua para el tratamiento de los vertimientos líquidos porcícolas. 2010. Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/handle/10185/13963>.

5. Baca M. Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el Distrito de San Juan de Marcona. 2012. [citado 4 de junio de 2016]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/unac/185>.

6. Garrido A. Estudio Temático Clima del Departamento de Huancavelica. 2012.

7. Duque A. Evaluación de la eficiencia de un sistema piloto de humedales híbridos como post-tratamiento de aguas residuales de una porcícola. 2014. [citado 4 de junio de 2016]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/4607>.

8. Martínez Romero M, Murcia Iguá D, Suarez Boyacá Y. 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 [Internet]. Corporación Universitaria Minuto de Dios. 2015. [citado 4 de junio de 2016]. Disponible

en: <http://repository.uniminuto.edu:8080/jspui/handle/10656/3339>.

9. Sifuentes R. 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;111.

10. Raymundo, J. Modelo De Tratamiento de Aguas Residuales Mediante Humedal Artificial de Flujo Superficial en el Centro Poblado la Punta - Sapallanga. 2017.

11. García, M. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. 2012. [citado 4 de junio de 2016]; Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>.

12. Toledo Verdezoto M, Duchicela Goyes V. Determinación de eficiencia de especies vegetales: Totoro-Achira implementadas en biofiltros para agua de riego en Punín. 2014. [citado 4 de junio de 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3402>.