

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



Una Institución Adventista

Remoción de parámetros físico químicos del agua residual municipal utilizando humedales artificiales con *guadua angustifolia* kunth, morales 2022.

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Déiber Rodas Castillo
Róger Ismael Chinchay Quispe

Asesor:

Mtro. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto, Julio del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

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

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“REMOCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA RESIDUAL MUNICIPAL UTILIZANDO HUMEDALES ARTIFICIALES CON GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH, MORALES 2022”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres, Déiber Rodas Castillo, Róger Ismael Chinchay Quispe, para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada 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 declaración en la ciudad de Morales, a los 01 días del mes de Julio del año 2022.



Mtro. Carmelino Almestar Villegas

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a 01 día(s) del mes de julio del año 2022, siendo las 02:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo, el (la) secretario(a): Ing. Ericka Nayda Perales Dominguez y los demás miembros: Dr. Victor Hugo Muñoz Delgado

y el (la) asesor(a) Mtro. Camelino Almaster Villegas con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Remoción de parámetros físico químicos del agua residual municipal utilizando humedales artificiales con guadua angustifolia kunth, morales 2022

del(los) bachiller(es): a) Déiber Rodas Castillo
b) Róger Ismael Chinchay Quispe
c) _____

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): Déiber Rodas Castillo

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

Bachiller -(b): Róger Ismael Chinchay Quispe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

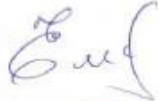
Bachiller -(c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado				

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.]

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

(*) Tabla de Calificación

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de Excelente	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de Muy Bueno	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de Bueno	Muy Bueno
	15	B-		
	14	C	Con nominación de Aceptable	Bueno
DESAPROBADO	Menos de 14	D	Con nominación de Deficiente	Insuficiente

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo estudiar la remoción de los parámetros fisicoquímicos pH, temperatura, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y nitratos del agua residual municipal, utilizando humedales artificiales con la especie *Guadua Angustifolia Kunth* del agua residual municipal de la ciudad de Tarapoto. Las dimensiones de cada humedal fueron: Largo (51 cm), ancho (25 cm) y altura (39 cm). El tiempo de retención hidráulico fue 1,5 día, con un caudal 6,67 L/día en cada uno de los tres humedales. Los resultados indican que, los parámetros DBO, DQO y SST no cumplieron el límite máximo permisible del D.S. 003-2010; mientras que después del tratamiento con humedales artificiales, se cumplió con la norma antes mencionada. Asimismo, se obtuvo una eficiencia promedio de remoción de la DBO de 98,9%, para la DQO fue 92,4% y para el parámetro SST fue 92,2%. Se concluye que los humedales tuvieron eficacia en la remoción de la materia orgánica del agua residual; con estas características, el agua residual podría verterse a los cuerpos hídricos, sin causar un impacto perjudicial sobre el ecosistema.

Palabras clave: Efluentes domésticos, fitodepuración, filtros verdes

ABSTRACT

The objective of the research was to study the removal of the physicochemical parameters pH, temperature, total suspended solids (TSS), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and nitrates from municipal wastewater, using artificial wetlands with the *Guadua Angustifolia Kunth* species from municipal wastewater from the city of Tarapoto. The dimensions of each wetland were: length (51 cm), width (25 cm) and height (39 cm). The hydraulic retention time was 1.5 days, with a flow rate of 6.67 L/day in each of the three wetlands. The results indicate that the BOD, COD and TSS parameters did not meet the maximum permissible limit of the D.S. 003-2010; while after treatment with artificial wetlands, the aforementioned standard was met. Likewise, an average BOD removal efficiency of 98.9% was obtained, for COD it was 92.4% and for the TSS parameter it was 92.2%. It is concluded that the wetlands were effective in removing organic matter from the wastewater; With these characteristics, the residual water could be discharged into the water bodies, without causing a detrimental impact on the ecosystem.

Key words: Domestic effluents, phytopurification, green filters

INTRODUCCIÓN

Aunque las tecnologías de recuperación de las aguas residuales han sido ampliamente elaboradas por la comunidad científica en las últimas décadas, su implementación a gran escala en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) municipales aún es deficiente (1). Debido a los peligrosos impactos de las aguas residuales municipales e industriales sobre el agua, el suelo, el aire y los productos agrícolas, el tratamiento de las aguas residuales y la eliminación adecuada de los lodos producidos son indispensables desde el punto de vista de la seguridad ambiental (2).

El Perú como muchos países presenta serios problemas en cuanto al manejo de las aguas residuales municipales, ya que solamente el 20.5% del agua residual municipal generada se trata, el restante se descarga sin tratamiento en los cuerpos hídricos superficiales; lo cual genera un riesgo potencial para los ecosistemas acuáticos y la salud pública (3).

Los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales son sistemas diseñados y operados para utilizar todos los procesos naturales involucrados en la eliminación de contaminantes de las aguas residuales. Los humedales construidos están diseñados para aprovechar muchos de los mismos procesos que ocurren en los humedales naturales, pero lo hacen dentro de un entorno más controlado (4). Los humedales artificiales se han utilizado cada vez más para reducir la contaminación del agua residual causada por las actividades humanas debido a muchas ventajas, como su bajo costo, su fácil operación y mantenimiento (5). El propósito del estudio fue analizar la remoción de los parámetros fisicoquímicos pH, temperatura, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y nitratos del agua residual municipal, utilizando humedales artificiales con la especie *Guadua Angustifolia Kunth* de la ciudad de Morales, 2022.

PARTE EXPERIMENTAL

Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en el CC.PP. Chupisiña, Morales, con coordenadas 0345803 (E) y 9285125 (N) y una altitud de 306 m.s.n.m. Asimismo, la temperatura y precipitación promedio mensual del lugar fueron 26.5°C y 70.1 mm.

Diseño de los humedales

Se construyó un sistema de tres humedales artificiales subsuperficiales de flujo horizontal. Las dimensiones de cada humedal fueron: Largo (51 cm), ancho (25 cm) y altura (39 cm). El tiempo de retención hidráulico fue 1,5 día (Abou-Elala et al., 2017). La edad de las plantas de *Guadua Angustifolia Kunth* fue de 6 meses y luego se consideró una adaptación de 15 días. Asimismo, la densidad de siembra de las plantas fueron 5 plantas por cada humedal.

Agua residual

El agua residual se colectó del emisor de aguas residuales de la ciudad de Tarapoto con coordenadas 346362 (E) y 9283169 (N), un volumen de 305 litros. El caudal en cada humedal fue 6.67 L/día. Los parámetros del agua residual municipal que se midieron fueron pH, temperatura, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y nitratos; tanto al inicio como al final el proceso de

tratamiento, el cual tuvo una duración de 10 días. Asimismo, el valor de los parámetros se comparó con el límite máximo permisible el decreto supremo 003-2010-MINAM

Análisis estadístico

El análisis estadístico que se consideró para los parámetros evaluados pH, temperatura, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y nitratos, fue la media y la desviación estándar.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

Asimismo, para determinar la eficiencia de remoción de los parámetros sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) se utilizó la ecuación de la eficiencia; siendo ε : eficiencia, C_i : concentración inicial del contaminante y C_f : concentración final del contaminante.

$$\varepsilon = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (3)$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad del agua residual sin tratamiento

La tabla 1 muestra los parámetros del agua residual municipal sin tratamiento; los valores de DBO, DQO y SST, no cumplieron el límite máximo permisible del D.S. 003-2010; es decir, es necesario el tratamiento del agua residual municipal de la ciudad de Tarapoto, antes de su descarga en cuerpos hídricos. Por otro lado, únicamente, los parámetros temperatura y pH cumplieron el valor de referencia de la normativa mencionada anteriormente. En el D.S. 003-2010, no existe LMP para el contenido de nitratos, sin embargo, este parámetro fue menor a 0,05 mg/L para el agua residual sin tratar.

Tabla 1. Características del agua residual sin tratamiento

Parámetro	Unidad	Agua residual sin tratar	LMP
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	615,0	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	945,3	200
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	270,0	150
Nitratos	mg/L	<0,05	-
Temperatura	°C	19,8	<35
pH	-	6,7	6,5-8,5

Calidad del agua residual después del tratamiento con humedales

La tabla 2 muestra los parámetros del agua residual municipal después del tratamiento con humedales artificiales; los valores de DBO, DQO y SST, cumplieron con el límite máximo

permisible del D.S. 003-2010; es decir, los humedales tuvieron eficacia en la remoción de la materia orgánica del agua residual; con estas características, el agua residual podría verterse a los cuerpos hídricos, sin causar un impacto perjudicial sobre el ecosistema. Por otro lado, los parámetros temperatura y pH cumplieron el valor de referencia de la normativa mencionada anteriormente. En el D.S. 003-2010, no existe LMP para el contenido de nitratos, sin embargo, este parámetro fue menor a 0,05 para el agua residual tratada con humedales artificiales.

Tabla 2. Características del agua residual después del tratamiento

Parámetro	Unidad	Humedal			_ Promedio	Desv. Estándar	LMP
		1	2	3			
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	9,0	5,3	6,0	6,8	1,97	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	81,1	72,9	61,7	71,9	9,74	200
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	23,5	21,2	18,5	21,1	2,50	150
Nitratos	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
Temperatura	°C	19,8	20,1	19,3	19,7	0,40	<35
pH	-	6,9	7,0	6,9	6,9	0,06	6,5- 8,5

Eficiencia de los humedales

La tabla 3 muestra la eficiencia porcentual de cada uno de los tres humedales construidos utilizando la especie *Guadua Angustifolia* Kunth.

Se obtuvo una eficiencia promedio de remoción de la DBO del agua residual de 98,9%, para la DQO fue 92,4% y para el parámetro SST fue 92,2%. La mayor eficiencia de remoción se encontró para la DBO, seguido de la DQO y SST.

Tabla 3. Eficiencia porcentual de los humedales

Parámetro	Humedal			Promedio	Desv. Estándar
	1	2	3		
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	98,54	99,14	99,02	98,9	0,32
Demanda química de oxígeno (DQO)	91,42	92,29	93,47	92,4	1,03
Sólidos suspendidos totales (SST)	91,3	92,15	93,15	92,2	0,93

Discusión

En el presente estudio se encontró que, los parámetros DBO, DQO y SST del agua residual municipal sin tratamiento, no cumplieron el límite máximo permisible del D.S. 003-2010; es decir, al ser descargadas al cuerpo hídrico como el río Cumbaza, estarían afectando al ecosistema acuático, así como la salud pública de la población aledaña; por ello fue necesario plantear una alternativa de tratamiento como son los humedales artificiales utilizando la especie *Guadua Angustifolia* Kunth.

Por otro lado, después del tratamiento con humedales artificiales; los valores de DBO, DQO y SST, cumplieron con el límite máximo permisible del D.S. 003-2010; es decir, los humedales tuvieron eficacia en la remoción de la materia orgánica del agua residual; con estas características, el agua residual podría verterse a los cuerpos hídricos, sin causar un impacto perjudicial sobre el ecosistema. Asimismo, los humedales construidos exhiben una alta eficiencia de eliminación de materia orgánica y sólidos en suspensión, mientras que la eliminación de nitrógeno depende del tipo de humedal construido (7). Por otro lado, los parámetros temperatura y pH cumplieron el valor de referencia de la normativa mencionada anteriormente.

Asimismo, se obtuvo una eficiencia promedio de la remoción de la DBO del agua residual de 98,9%, para la DQO fue 92,4% y para el parámetro SST fue 92,2%. La mayor eficiencia de remoción se encontró para la DBO, seguido de la DQO y SST; esto demuestra que el sistema de humedales artificiales con la especie *Guadua Angustifolia* Kunth, son eficientes en la remoción de materia orgánica del agua residual municipal. Los humedales artificiales representan una opción viable para el tratamiento de aguas residuales con la gran ventaja de los bajos costos de operación y mantenimiento en comparación con los sistemas convencionales, como los sistemas de tratamiento de lodos activados (8). Asimismo, para aumentar las eficiencias de remoción de la materia orgánica y los sólidos en suspensión se debe aumentar el tiempo de retención hidráulico de los humedales construidos (6). Por otro lado, el comportamiento y la eficiencia de los humedales con respecto al tratamiento de aguas residuales está relacionado principalmente con la especie vegetal fitorremediadora (9); en otro estudio, se encontró una eficiencia de remoción de la DBO de 91,85%, al utilizar *Guadua Angustifolia* Kunth con una densidad de diez plantas por humedal (10). Entre los procesos de remoción de contaminantes orgánicos del agua residual mediante humedales construidos

están la sedimentación, la precipitación, la adsorción, asimilación por los pelos radiculares y la transformación microbológica que se desarrolla en la rizósfera (11).

CONCLUSIONES

La mayor eficiencia de remoción se encontró para la DBO, seguido de la DQO y SST; esto demuestra que el sistema de humedales artificiales con la especie *Guadua Angustifolia* Kunth, son eficientes en la remoción de materia orgánica del agua residual municipal. Se concluye que los humedales tuvieron eficacia en la remoción de la materia orgánica del agua residual; con estas características, el agua residual podría verterse a los cuerpos hídricos, sin causar un impacto perjudicial sobre el ecosistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kehrein P, Van M, Osseweijer P, Garfí M, Dewulf J, Posada J. A critical review of resource recovery from municipal wastewater treatment plants-market supply potentials, technologies and bottlenecks. *Environ Sci Water Res Technol*. 2020;6(4):877–910.
2. Aghalari Z, Dahms HU, Sillanpää M, Sosa-Hernandez JE, Parra-Saldívar R. Effectiveness of wastewater treatment systems in removing microbial agents: A systematic review. *Global Health*. 2020;16(1):1–11.
3. OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales [Internet]. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Lima, Perú: OEFA; 2014. p. 36. Available from: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
4. Vymazal J. The Historical Development of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Land*. 2022;11(2).
5. Kang W, Chai H, Xiang Y, Chen W, Shao Z, He Q. Assessment of low concentration wastewater treatment operations with dewatered alum sludge-based sequencing batch constructed wetland system. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7(1):1–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-017-17783-3>
6. Abou-Elela SI, Elekhrawy MA, Khalil MT, Hellal MS. Factors affecting the performance of horizontal flow constructed treatment wetland vegetated with *Cyperus papyrus* for municipal wastewater treatment. *Int J Phytoremediation*. 2017;19(11):1023–8.
7. Vymazal J, Greenway M, Tonderski K, Brix H, Mander U. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Environ Sci Technol*. 2014;48(1):14–21.
8. Stefanakis AI. Constructed wetlands for sustainable wastewater treatment in hot and arid climates: Opportunities, challenges and case studies in the Middle East. *Water (Switzerland)*. 2020;12(6).
9. Almuktar SAAAN, Abed SN, Scholz M. Wetlands for wastewater treatment and subsequent recycling of treated effluent: a review. *Environ Sci Pollut Res*. 2018;25(24):23595–623.
10. Herrera H. Eficiencia de la *Guadua angustifolia* (Bambú) en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedal artificial en el centro poblado Santa Catalina,

- distrito y provincia de Moyobamba, 2017 [Internet]. Universidad Nacional De San Martín - Tarapoto; 2018. Available from: <http://repositorio.unsm.edu.pe>
11. Lourenço L, Rodrigues E, Moreira M, Skoronski E. Remoção De Matéria Orgânica E Nutrientes De Esgoto Doméstico Por Wetland Horizontal De Fluxo Subsuperficial Na Estação De Tratamento De Aparecida - Campos Novos, Sc. *Rev Bras Agropecuária Sustentável*. 2018;8(1):85–94.