

Efecto del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la depuración del agua residual del colector Santa Lucía- Chachapoyas

Effect of the water jacinto (*Eichhornia crassipes*) on the deposition of the residual water of the collector Santa Lucia-Chachapoyas

Eli Morales Rojas*; Jefferson Reyes Farje; Lenin Quiñones Huatangari; Manuel Milla Pino; Eli Morales Rojas*

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Calle Higos Urco N° 342-350-356 - Calle Universitaria N° 304, Amazonas, Perú.

* Autor correspondiente: eli.morales@untrm.edu.pe (E. Morales)

RESUMEN

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales con plantas acuáticas es una tecnología que ofrece una alternativa de solución al problema de la contaminación. Siendo un tratamiento biológico que hace uso de las plantas, demostrando ser un sistema eficaz, económico y sostenible. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la *Eichhornia crassipes* en la depuración del agua residual del colector Santa Lucía, Chachapoyas. Evaluándose durante ocho semanas, considerándose tres tratamientos MA -1, MB - 2 y MC - 3. Los parámetros evaluados fueron la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Los resultados encontrados para el tratamiento MA - 1: DQO en 59,58% y DBO en 63,18%, para MB - 2: la DQO en 39,51% y DBO en 46,05% y para MC - 3: la DQO 40,70% y DBO en 49,47%. Las correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos, tamaño y la longitud de las plantas son negativas pero significantes, por tanto, la absorción de materia orgánica depende del tamaño de las hojas, mas no del tamaño de las plantas. Siendo la *Eichhornia crassipes* eficiente para mejorar la calidad de agua del colector Santa Lucía.

Palabras clave: *Eichhornia crassipes*; aguas residuales; Chachapoyas; tratamiento biológico.

ABSTRACT

Wastewater treatment systems with aquatic plants is a technology that offers an alternative solution to the problem of pollution. Being a biological treatment that makes use of plants, proving to be an effective, economic and sustainable system. The objective of the present work was to determine the effect of *Eichhornia crassipes* in the Santa Lucia collector, Chacha-poyas. The objective of the present work was to determine the effect of the *Eichhornia crassipes* in the purification of the residual water of the Santa Lucia collector, Chachapoyas. Evaluated for eight weeks, considering three treatments MA -1, MB - 2 and MC - 3. The parameters evaluated were the Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD). The results found for the MA - 1 treatment: COQ in 59.58% and DBO in 63.18%, for MB - 2: the COD in 39.51% and BOD in 46.05% and for MC - 3: the COD 40.70% and BOD at 49.47%. The correlations between the physicochemical parameters, size and length of the plants are negative but significant, therefore, the absorption of organic matter depends on the size of the leaves, but not on the size of the plants. The *Eichhornia crassipes* being efficient to improve the water quality of the Santa Lucia collector.

Keywords: *Eichhornia crassipes*; sewage water; Chachapoyas; biological treatment.

1. INTRODUCCIÓN

El agua dulce es un recurso vital, pero cada día más escaso. Esta escasez es originada por el crecimiento demográfico, la urbanización y la industrialización asociada a nuevas demandas potenciales sobre los recursos hídricos existentes, a lo que se suman los conflictos asociados a los cambios climáticos (González y Chiroles, 2011).

Según el Banco Mundial, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento (Reynolds, 2001). Con la ausencia de tratamiento, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales. (Reyes, 2016)

En este contexto, existen múltiples técnicas para el tratamiento de aguas residuales y su reuso de las mismas para la agricultura (Umaña, 2007), por otro lado la acuicultura y la recarga de aguas subterráneas y otros usos es necesario que se planifique y se incremente paulatinamente su tratamiento (Mendoza et al., 2018).

Las aguas residuales consisten de dos componentes, un efluente líquido y un constituyente sólido, conocido como lodo (Reynolds, 2001) concluye que existen múltiples métodos para tratar las aguas residuales siendo una de ellas consiste en dejar que las aguas residuales se asienten en el fondo de los estanques, permitiendo que el material sólido se deposite en el fondo. Después se trata la corriente superior de residuos con sustancias químicas para reducir el número de contaminantes dañinos presentes. Otro método, conocido como tratamiento de lodos activados, consiste en utilizar la población bacteriana para degradar la materia orgánica, requiere el abastecimiento de oxígeno a los microbios de las aguas residuales para realizar su metabolismo (Burton et al., 1995). Las tecnologías de coagulación y floculación, involucran sistemas de alimentación química sofisticados. (Moscoso, 1991). Mientras tanto, la filtración lenta con arena es utilizada más a menudo como una aplicación de agua potable, pero bajo condiciones propicias es utilizada para el control de aguas residuales (Poveda et al., 2014). Los tratamientos de aguas residuales que involucran macrófitas flotantes demostrando ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias tóxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo y mercurio. Su importancia radica en su aptitud para ser empleados en núcleos rurales debido a su bajo consumo de energía convencional y la practicidad en el montaje y operación de los sistemas de tratamiento (Martelo y Lara, 2012). La *Eichhornia crassipes*, conocida como Jacinto acuático o lirio acuático, es una macrófita muy utilizada como depuradora de aguas residuales, para poder ser reutilizada (Carrión et al., 2012).

Valderrama (1996), Afirma que entre los parámetros más utilizados para medir la calidad de las aguas residuales y aguas superficiales tenemos: La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que se define como la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), que es la cantidad de oxígeno consumido por las materias orgánicas existentes en el agua y oxidables en condiciones operatorias definidas (Tejada et al., 2018)

Su medida corresponde a una estimación de la materia oxidable presente en el agua (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). Está en función de las características de la materia presente, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación (Pozo, 2012).

En la provincia de Chachapoyas, Perú existe el colector Santa Lucía el cual está dentro de la ciudad, es por ello la preocupación y la iniciativa de buscar la forma en la que se pueda mitigar este problema; es por ello que se optó por usar macrofitas flotantes. El presente trabajo de investigación, tuvo por objetivo determinar el efecto de la *Eichhornia crassipes* en la depuración del agua residual del colector Santa Lucía, Chachapoyas - Perú. Además, evaluar las posibles relaciones entre sus propiedades biológicas como tamaño de las plantas, raíces, hojas y sus propiedades fisicoquímicas, DBO y DQO.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Zona de estudio y muestra

En la Figura 1, se puede observar la zona de estudio, el colector Santa Lucía, Chachapoyas. La Figura 2 es el mapa de ubicación de tres puntos de muestreo considerados.

2.2 Materiales

Se han utilizado tres peceras de 40 cm de ancho, por 50 cm de alto y 100 cm de largo. Las plantas de *Eichhornia crassipes* fueron recogidas en el distrito del Progreso provincia de Bongará, Chachapoyas. La estimación de los parámetros fisicoquímicos DBO y DQO, fue realizada en el laboratorio de aguas y suelos del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Ceja de Selva – INDESCES. Los datos obtenidos fueron analizados mediante IBM SPSS Statistics 19.



Figura 1. Agua residual del colector santa lucia, Chachapoyas, Amazonas.

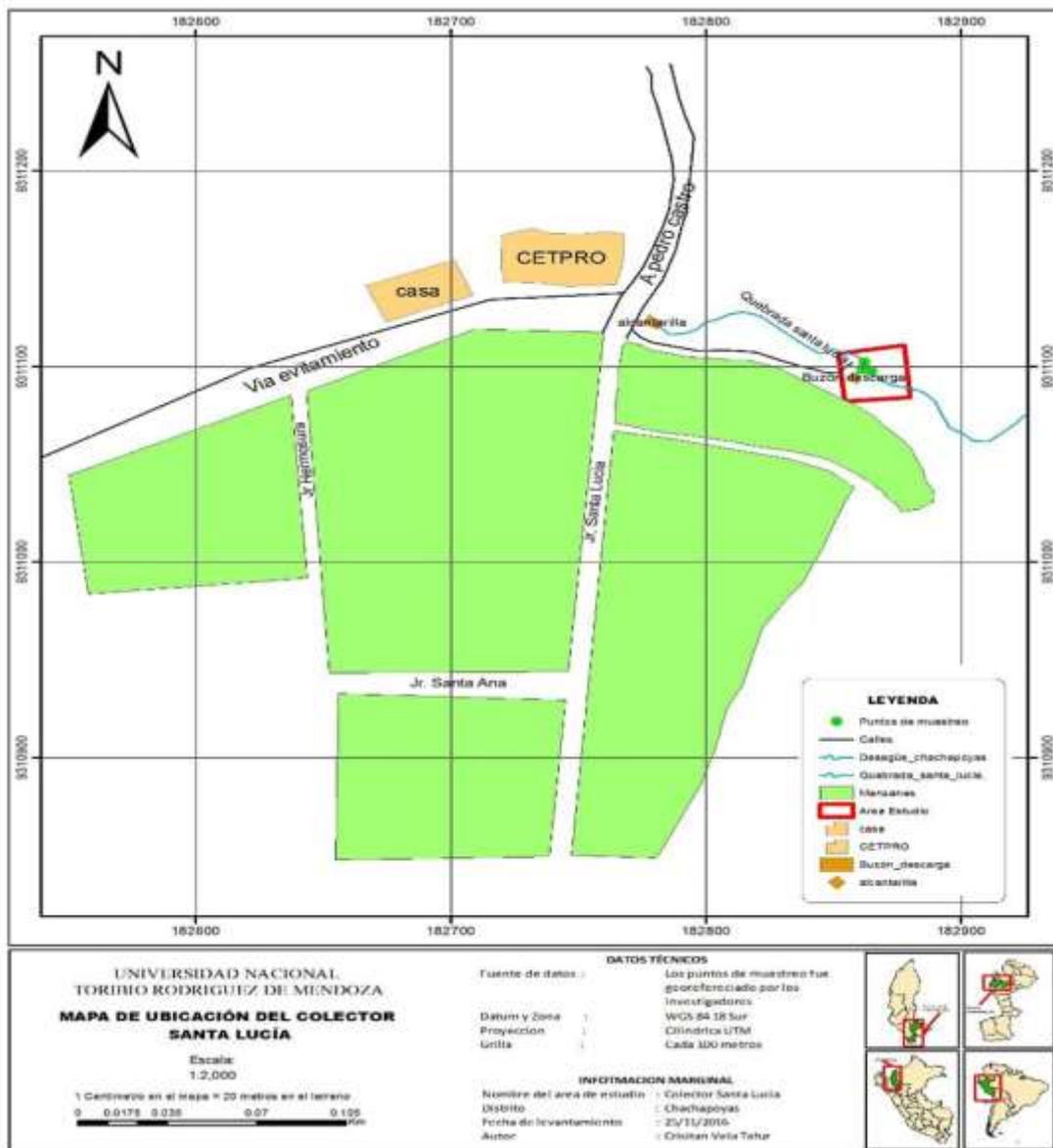


Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio y los tres puntos de muestreo

2.3 Métodos

Se ha utilizado tres (03) tratamientos de las cuales: El primer tratamiento (MA-1) contenía 43 plantas de 40 cm de tamaño en 50 litros de agua residual. Para el segundo tratamiento (MB-2) se colocaron 70 plantas de 33 cm de tamaño con una cantidad de agua residual de 50 litros. Mientras que para el tercer tratamiento (MC-3), se colocó 82 plantas de 24 cm, con una cantidad de agua residual de 50 litros.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Determinación de la DBO y DQO

En la Tabla 1, se observan los resultados del DBO y DQO antes del efecto de la *Eichhornia crassipes* con su respectivo tratamiento.

Tabla 1. Análisis de DBO y DQO, del agua residual antes del efecto de *Eichhornia crassipes*

Pecera	DBO (ppm)	DQO (ppm)
1	34	62,91
2	38	70,03
3	34,1	62,03

Después de transcurrir ocho semanas, se obtuvieron los siguientes resultados: En el tratamiento MA - 1 las plantas de Jacinto acuático tuvieron una actividad purificadora de 34 ppm de DBO disminuyó a 12,53 ppm. Mientras que el DQO logró disminuir de 62,91 ppm a 25,43 ppm. En el tratamiento MB las plantas de tuvieron una actividad purificadora de 70,03 ppm de DQO a 42,36 ppm de DQO. Mientras que el DBO de 38 ppm logró disminuir a 20,5 ppm. En el tratamiento MC – 3; se disminuyó el DBO de 34,1 ppm a 17,23 ppm, mientras que el DQO de 62,03 ppm disminuyó a 36,78 ppm, esto se puede apreciar en el Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de DBO y DQO para los tratamientos

Tratamiento /Pecera	DBO (ppm)	DQO (ppm)
MA – 1	12,53	25,43
MB – 2	20,5	42,36
MC – 3	17,23	36,78

3.2 Relaciones entre las propiedades químicas y biológicas

Los intervalos de confianza de las propiedades químicas del agua residual, DBO y DQO obtenidos luego de ser aplicados los tres tratamientos. Teniendo en cuenta el número y la longitud de las plantas de Jacinto de agua, ver Tabla 3.

Tabla 3. Intervalos de confianza para estimar los parámetros fisicoquímicos el número y tamaño de plantas

Número de plantas	Longitud (cm)	DBO (ppm)	DQO (ppm)
43	40	23,280±10,750	44,170±18,740
70	33	29,250±8,750	56,195±13,835
82	24	25,665±8,435	49,400±12,620

Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra. Las variables consideradas han sido los parámetros fisicoquímicos, tamaño de raíces y el tamaño de las hojas, para este estudio se ha considerado el coeficiente de Pearson para estimar la correlación entre las tres variables, ver Tabla 4.

Tabla 4. Correlaciones entre parámetros fisicoquímicos y el tamaño de plantas especificando el tamaño de raíces y tamaño de hojas del Jacinto de agua.

Parámetros fisicoquímicos	Tamaño de raíces	Tamaño de hoja
DBO	-0,261	-0,502
DQO	-0,231	-0,546

Los valores de DBO, DQO antes de utilizar la *Eichhornia crassipes* se presenta en la tabla 1. En cuanto al efecto de la planta después de ochos semanas, considerando los tres tratamientos de las concentraciones de DBO y DQO disminuyen significativamente en los tratamientos con la macrófita, ver Figura 3 y Figura 4.

La *Eichhornia crassipes* es capaz de disminuir significativamente los parámetros fisicoquímicos. Los promedios de remoción para el tratamiento MA - 1: DQO en 59,58% y DBO en 63,18%, para MB - 2: la DQO en 39,51% y DBO en 46,05% y para MC - 3: la DQO 40,70% y DBO en 49,47%. Los tratamientos de aguas residuales que involucran Macrófitas flotantes han demostrado ser eficientes en la remediación de aguas con contenidos de nutrientes, materia orgánica y sustancias toxicas como arsénico, zinc, cadmio, cobre, plomo, cromo, y mercurio (Valderrama, 1996).



Figura 3. Comportamiento de la DBO durante el estudio



Figura 4. Comportamiento de la DQO durante el estudio

La DQO y la DBO son removidas en un sistema con macrófitas por diversos mecanismos, entre ellos la respiración aerobia, la anaerobia facultativa y la anaerobia estricta de las bacterias presentes en la zona bentónica. La ocurrencia de uno u otro proceso depende de la abundancia relativa de los aceptores de electrones propios de cada caso: en la respiración aerobia, el aceptor final es oxígeno; en la respiración anaerobia facultativa es el nitrato y eventualmente los iones férrico y mangánico (Carrión et al., 2012).

Se evaluaron las posibles relaciones entre sus propiedades biológicas como tamaño de las plantas, raíces, hojas y sus propiedades fisicoquímicas, DBO y DQO, se realizó un procedimiento de estimación de parámetros a los fines de establecer los límites dentro de los cuales se espera encontrar los valores de la DBO y DQO para las poblaciones en estudio. En este sentido, para un nivel de significancia (α) del 5%, es decir, nivel de confiabilidad ($1 - \alpha$) del 95 % los resultados, al aplicar el primer tratamiento, se concluye que para 43 plantas con un promedio de longitud de 40 cm, la DBO es mayor que 12,53 ppm y menor que 34,03 ppm, además la DQO se encuentra en el intervalo de 25,43 ppm a 62,91 ppm; en cuanto al segundo tratamiento, se concluye que para 73 plantas con un promedio de longitud de 33 cm, la DBO es mayor que 20,500 ppm y menor que 38,000 ppm, además la DQO se encuentra en el intervalo de 42,36 ppm a 70,03 ppm; y con respecto al tercer tratamiento, se concluye que para 82 plantas con un promedio de longitud de 24 cm, la DBO es mayor que 17,230 ppm y menor que 34,100 ppm, además la DQO se encuentra en el intervalo de 36,78 ppm a 62,02 ppm. El Cuadro 3, presenta los resultados obtenidos y descritos.

En el Cuadro 4, se encuentran los coeficientes de correlación de Pearson, obteniéndose correlaciones negativas, evidenciándose que para la variable tamaño de hoja y los parámetros fisicoquímicos DBO y DQO, se observa una tendencia a un comportamiento inversamente proporcional, lo que se traduce, en que cuanto mayor es el tamaño de la hoja menor son los valores de la DBO y la DQO. Cuánto menor es el tamaño de la hoja mayor son los valores de la DBO y la DQO. En cuanto a la variable tamaño de planta, aunque se observa correlaciones negativas, los valores son bajos, lo que indica que no hay significancia en el grado de asociación observado entre esta variable y la DBO y la DQO lo que conduce a pensar que la absorción de materia orgánica no depende del tamaño de planta.

La importancia de aprovechar la planta acuática, radica en su aptitud para ser empleado en núcleos rurales debido a su bajo consumo de energía convencional y la practicidad en el montaje y operación de los sistemas de tratamiento (Celis et al., 2005). De acuerdo a lo resultados observados en la presente investigación se ha podido determinar que la *Eichhornia crassipes*, es una planta acuática que se adapta muy bien a condiciones climáticas de la Región Amazonas, creciendo rápidamente, permitiéndonos utilizar esta planta de forma práctica. Siendo muy útil para tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados plomo y cadmio; y en la disminución de DBO y DQO. Estadísticamente se logró comprobar que las plantas de Jacinto Acuático influyen mucho en la purificación de las aguas residuales de Santa Lucía.

4. CONCLUSIONES

Para el tratamiento MA - 1 la DQO disminuyó en un 59,58% mientras que la DBO en 63,18%. En el tratamiento MB - 2 la DQO disminuyó en un 39,51% mientras que la DBO en 46,05%. En el tratamiento MC - 3 la DQO disminuyó en 40,70% mientras la DBO en 49,47%. Las diversas correlaciones entre los parámetros fisicoquímicos, tamaño y la longitud de las plantas son negativas pero significantes, por tanto, la absorción de materia orgánica depende del tamaño de las hojas, mas no del tamaño de las plantas. Finalmente se concluye que el uso de *Eichhornia crassipes* es eficiente para mejorar la calidad de agua del colector Santa Lucía debido a que disminuyen las concentraciones de DBO y DQO.

AGRADECIMIENTOS

Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Burton, F.; Cajigas, R.; George, T.; Montsoriu, I.; Juan, D. 1995. Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf y Eddy.
- Carrión, C.; Ponce-de León, C.; Cram, S.; Sommer, I.; Hernández, M.; Vanegas, C. 2014. Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46(6), 609-620.
- Celis, J.; Junod Montano, J.; Sandoval Estrada, M. 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*, 14(1).
- González, M.; Chiroles Rubalcaba, S. 2011. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. *Revista cubana de salud pública*, 37(1), 14-18.
- Mendoza, Y.; I Pérez, J.; Galindo, A. 2018. Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *Información tecnológica*, 29(2), 205-214.

- Martelo, J.; Lara, J. 2012. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia*, 8(15). 221-243
- Moscoso, J.; Flórez, A. 1991. Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las Lagunas de Estabilización de San Juan. Sección I: resumen ejecutivo. En *Reuso en acuicultura de las aguas residuales tratadas en las Lagunas de Estabilización de San Juan. Sección I: resumen ejecutivo*. CEPIS.
- Poveda, O.; Abigail, R. 2014. Evaluación de especies acuáticas flotantes para la fitorremediación de aguas residuales industrial y de uso agrícola previamente caracterizadas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua (B.S. thesis).
- Pozo, C. G. 2012. Fitorremediación de las aguas del canal de riego Latacunga–Salcedo–Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo Salcedo–Cotopaxi (B.S. thesis).
- Reynolds, K. A. 2001. Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica. *Latinoamérica*, 48–49.
- Reyes, J.; 2016. Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE*, 7(3), 41-56.
- Tejada-Tovar, C.; Paz-Astudillo, I.; Villabona-Ortíz, A.; Espinosa-Fortich, M.; López-Badel, C. 2018. Aprovechamiento del Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la síntesis de carboximetilcelulosa. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 211-221.
- Umaña, E. 2007. El reuso de aguas residuales para riego en un cultivo de maíz (*Zea mays L.*) una alternativa ambiental y productiva. *La calera*, 7(8), 22–26.
- Valderrama, L. 1996. Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agro industriales. *Universitas Scientiarum*, 3(1-2), 83–97.