

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Revisión de la eficiencia de una macrófita en la disminución de parámetros físico químicos en aguas residuales de piscigranja y matadero.**

Por:

Ruth Paima Rufasto

Celina Evelin Vásquez Coronel

Asesor:

Ing. Carmelino Almestar Villegas

**Tarapoto, 12 Agosto de 2020**

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

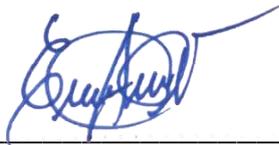
Yo, *Carmelino Almestar Villegas* de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "REVISIÓN DE LA EFICIENCIA DE UNA MACRÓFITA EN LA DISMINUCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS EN AGUAS RESIDUALES DE PISCIGRANJA Y MATADERO", constituye la memoria que presenta(n) el(la)(los) Bachiller(es) Paima Rufasto, Ruth y Vásquez Coronel, Celina Evelin; para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

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



---

Asesor

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Revisión de la eficiencia de una macrófita en la disminución de parámetros físico químicos en aguas residuales de piscigranja y matadero.

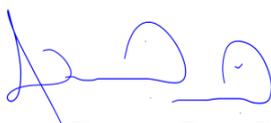
## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental

### JURADO CALIFICADOR



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo  
Presidente



Ing. Jhon Patrick Rios Bartra  
Secretario



Ing. Kätterin Jina Luz Pinedo Gómez  
Vocal



Ing. Carmelino Almaster Villegas  
Asesor

Tarapoto, 12 agosto de 2020

## Resumen

Existen múltiples métodos para el tratamiento de aguas residuales, siendo uno de ellos la fitorremediación con plantas macrófitas una de las adecuadas por ser una alternativa económica y de un buen rendimiento en la depuración de las aguas residuales, así mismo, juegan un papel muy importante en este sistema, cumpliendo las siguientes funciones: proporcionar oxígeno a los microorganismos que residen en la rizósfera, extraer nutrientes, eliminar los contaminantes al asimilar directamente en sus tejidos y filtrar sólidos a través de la estructura que forma su sistema radicular. Así mismo, se buscó analizar la eficiencia de la macrófita *Eichhornia crassipes* en la disminución de parámetros fisicoquímicos (DQO, DBO) en aguas residuales de criaderos de peces y mataderos.

Respecto a las eficiencias de remoción de la DQO del aguas residuales no municipal, utilizando la macrófita flotante *E. crassipes*. Tuesta (2016) encontró una eficiencia del 23.90% para agua residuales de un matadero; mientras que Juárez (2018) obtuvo una eficiencia de 97.56% para aguas residuales de un criadero de peces. Asimismo a las eficiencias de remoción de la DBO del agua residual no municipal, utilizando la macrófita flotante *E. crassipes*. Tuesta (2016) encontró una eficiencia del 25.66% para agua residuales de un matadero; mientras que Juárez (2018) obtuvo una eficiencia de 98.67% para aguas residuales de un criadero de peces. Es evidente la importancia de la macrófita flotante *Eichhornia crassipes* para la disminución de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales provenientes de criaderos de peces y mataderos, debido a su capacidad acumuladora.

**Palabras claves:** macrófita, demanda bioquímica, demanda química, eficiencia.

## Abstract

There are many methods for the treatment of wastewater, one of them being phytoremediation with macrophytes plants, which is one of the most suitable because it is an economic alternative and has a good performance in the treatment of wastewater. They also play a very important role in this system, fulfilling the following functions: providing oxygen to the microorganisms that reside in the rhizosphere, extracting nutrients, eliminating contaminants by assimilating directly into their tissues and filtering solids through the structure that forms their root system. Likewise, we sought to analyze the efficiency of the macrophyte *Eichhornia crassipes* in reducing physicochemical parameters (COD, BOD) in wastewater from fish farms and slaughterhouses.

Regarding the efficiencies of COD removal from non-municipal wastewater, using the floating macrophyte *E. crassipes*. Tuesta (2016) found a 23.90% efficiency for slaughterhouse wastewater; while Juarez (2018) obtained a 97.56% efficiency for fish hatchery wastewater. Likewise, the efficiency of removing BOD from non-municipal wastewater, using the floating macrophyte *E. crassipes*. Tuesta (2016) found a 25.66% efficiency for slaughterhouse wastewater; while Juarez (2018) obtained a 98.67% efficiency for fish hatchery wastewater. The importance of the floating macrophyte *Eichhornia crassipes* for the reduction of physicochemical parameters of wastewater from fish hatcheries and slaughterhouses is evident due to its accumulation capacity.

**Keywords:** macrophyte, biochemical demand, chemical demand, efficiency.

## 1. Introducción

La importancia de las aguas residuales radica principalmente en los métodos de eliminación que requieren la purificación de contaminantes químicos, físicos o biológicos que cambian su consistencia, para que se utilicen o se liberen en las fuentes de agua naturales a excepción de que alteren los procesos que se desarrollan en ellos (Córdoba & Castilla, 2019).

La industria del camal está asociada a una alta carga de materia orgánica debido al contacto directo del agua con los materiales crudos (Juárez, 2018). El tratamiento del estiércol, la eliminación de las aguas residuales de los mataderos, las plantas de procesamiento de carne es un requisito económico y de higiene pública. Las causas principales de contaminantes de los residuos de los mataderos se originan de las heces, orina, sangre, pelusa, lavazas, residuos de la carne, grasas de los canales, suelos, utensilios, alimentos no digeridos por los intestinos, tripas de los animales sacrificados y gas concentrado de la disposición de los despojos.

Los métodos de producción en acuicultura se han ido intensificando en respuesta al aumento de la demanda de productos de este origen. Por ejemplo, si la intensificación de la producción de peces, es manejada de modo inadecuada, se puede llegar a generar un impacto ambiental en términos de generación de desechos y uso del agua.

Según FAO (2011), El crecimiento de la acuicultura en todo el mundo (con diferencias entre las regiones y economías) siempre implica la expansión de las áreas cultivadas, granjas de cultivo de mayor tamaño, mayor densidad de individuos en los cultivos y la utilización de recursos alimenticios a menudo producidos fuera del área inmediata. Ante todo esto, la producción de alimentos, la contribución con los medios de subsistencia y generación de ingresos, ha aumentado su impacto social y económico.

La acuicultura moderna está basada en tres componentes: producción rentable, preservación del ambiente y desarrollo social. Así, para que la actividad se establezca, es preciso que algunas condiciones ambientales sean respetadas y que la producción de los organismos acuáticos sea ejercida dentro de los parámetros de calidad de agua específicos

para la legislación de cada país. Dentro de los impactos potenciales, se destaca la elevada cantidad de materia orgánica y nutrientes (como fósforo y nitrógeno) en los efluentes, que podrían comprometer la calidad del agua de los cursos que los reciben (arroyo, ríos u otros cuerpos de agua).

En sistemas de producción tradicionales (estanques excavados), el aporte significativo de nutrientes y materia orgánica de las raciones alimentarias, podría determinar un exceso de fitoplancton, una baja concentración de oxígeno disuelto, una alta concentración de amoníaco o condiciones no satisfactorias en el sedimento de los fondos (además se produce aporte de material originado en la erosión de los taludes de los estanques) y también altas concentraciones de sólidos en suspensión en el agua (Buenas, 2013).

Actualmente se está estudiando una tecnología específica de tratamiento de aguas residuales, a través del cultivo de especies vegetales como las Macrófitas. Las mismas que actúan como depuradoras de aguas negras y con materia orgánica en el medio natural, pueden actuar similarmente en el tratamiento de aguas residuales, contribuyendo a mejorar la gestión ambiental, conservando los recursos hídricos y por ende la salud pública de la población. La presente investigación estaba basada en el análisis comparativo de las investigaciones de los autores Tuesta, Nayti "Evaluación de las especies Lemna minor L. ("Lenteja de agua") y Eichhornia crassipes M. ("Jacinto de agua") en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, provincia de Moyobamba-2014" y Juárez, Luis "Evaluación del humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrófita flotante, en la remoción de aguas residuales del matadero municipal de la ciudad de Moyobamba 2017".

### **1.1. Aguas residuales de un matadero**

El proceso de matanza se caracteriza por el elevado número de operaciones de lavado que deben realizarse, así como parte de las operaciones del mantenimiento de las condiciones de higiene que se exige a una empresa alimenticia en esta área (Salas & Condorhuamán, 2008). Los efluentes líquidos constituyen uno de los principales problemas

debido al alto contenido de carga orgánica que genera el proceso, lo que necesitan oxígeno para su oxidación biológica, por lo que inciden en su disminución del cuerpo de agua receptor e incluso muchas veces llega a anular el oxígeno y por ende afecta la vida acuática como los peces, los parámetros que son más resaltantes en las aguas provenientes de un matadero son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Sólidos Suspensión Totales (SST), Aceites y Grasas, pH, Coliformes Fecales, Nitrógeno Orgánico, ocasionalmente niveles de Amoniacó (Nolasco, 2018).

Debe tenerse en cuenta que la cantidad de agua residual de un matadero, está relacionada con la cantidad de animales que se sacrifican y el agua total ya sea caliente o fría, utilizada en la nave de carnización, áreas para subproductos y su depuración, incluyendo los desechos que contengan lavazas y sólidos suspendidos (Muñoz, 2005).

## **1.2. Aguas residuales de un criadero de peces**

La calidad del agua es determinante en la producción de peces, cualquier cambio en los parámetros físico-químicos y microbiológicos puede provocar una baja en la producción e inclusive su pérdida total, además los productos acuícolas se pueden ver afectados por el entorno en detrimento de la calidad del producto. Y la experiencia en muchos lugares del mundo ha demostrado que la situación sanitaria de los peces juega un papel preponderante en el resultado técnico y/o económico de un establecimiento de acuicultura (Portocarrero, 2018).

Como sustituto del agua natural empleada en riego o acuicultura, las aguas residuales desempeñan una importante función en la ordenación de los recursos hídricos. Puesto que el aprovechamiento de aguas residuales libera diversas fuentes de agua natural para beber y para otros usos prioritarios, contribuye a la conservación del agua y tiene ciertas ventajas económicas. La acuicultura, el cultivo de peces o plantas acuáticas para consumo humano y alimento de animales, incluso de los peces es un campo de aprovechamiento cada vez mayor de aguas residuales en los países en desarrollo y en el que se necesitan con urgencia directrices para protección de la salud pública (Salazar, 2000).

El crecimiento adecuado de los peces está estrechamente relacionado con la preservación de los parámetros de calidad de agua en intervalos apropiados para la especie a producir, en este sentido, los factores físico-químicos más importantes a considerar para el desarrollo de los peces en cautiverio son los siguientes: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, transparencia, conductividad, anhídrido carbónico, dureza, amonio, nitrito, nitrato, cloro (Balbuena & Galeano, 2011).

### **1.3. Macrófita Eichhornia Crassipes**

El Jacinto de agua, pertenece a la familia Pontederiaceae, es una macrófita acuática flotante sin raíces, herbácea perenne de agua dulce. Puede existir en aguas dulces de flujo suave o lento, como zanjas, canales, lagos, estanques, ríos y pantanos; a esto se le llama la hierba acuática. Se originó en la Amazonía, pero se extiende ampliamente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Castro, 2016).

De acuerdo con Ramil (2014), las condiciones para el desarrollo de la macrófita se atribuyen principalmente a aspectos climáticos, ya que es una especie muy sensible a los inviernos fríos y a las bajas temperaturas, su rango de crecimiento se desarrolla en zonas con temperaturas medias entre 18-30 °C, con una temperatura óptima entre 22-25 °C, desapareciendo en áreas con fríos invernales, heladas regulares o en lugares donde ocurre la congelación de los medios acuáticos.

Se considera como plantas acumuladoras, por la capacidad de fitorremediación porque muestran resistencia a los metales. Esta resistencia se puede medir por medio de su coeficiente de translocación que mide la capacidad de la planta para trasladar los metales de la raíz al tallo y hojas, sin tener en cuenta la concentración de los metales externos a la planta; y por medio de su coeficiente de bioacumulación que mide la capacidad de la planta para acumular metales del medio (Carrión., 2012).

Según Poveda (2014), el Jacinto de agua no tiene una base visible, esta abastecido de un rizoma, a través del cual se libera una roseta de hojas que tienen una superficie esponjosa visiblemente inflada en forma de burbuja que contiene una vejiga llena de aire. Las hojas son entre obovadas y redondeadas, están provistas de ligeras hinchazones que

favorecen la flotación. En verano, crece espigas de flores lilas y azules. Las raíces son bastante distintivas, negras con las extremidades bancas cuando son jóvenes, negro violáceo cuando son adultas.

Las macrófitas flotantes utilizan el oxígeno y dióxido de carbono presentes en la atmósfera durante la fotosíntesis. Los nutrientes son tomados de la columna de agua a través de las raíces, y son también una herramienta ideal para la filtración / adsorción de sólidos suspendidos. La producción de raíces depende del suministro de nutrientes en el agua y la demanda de nutrientes de la planta (Villanueva & Yance, 2017).

## **2. Metodología**

Para llevar a cabo esta revisión se tomaron artículos de bases de datos como Redalyc, Scielo, Dialnet, Google académico, repositorio de la UNSM y repositorio de la UPeU; se utilizó la técnica documental, la cual nos permitió analizar las publicaciones más actualizadas con respecto a fechas de las investigaciones, sobre la línea de investigación en estudio.

Para la comparación de los resultados se seleccionó dos investigaciones de pregrado, que emplearon la macrófita *Eichhornia crassipes* como sistema de tratamiento, de los autores Juárez (2018) cuyo objetivo principal de esta investigación es evaluar el humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrófita flotante, en la remoción de aguas residuales del matadero municipal en la ciudad de Moyobamba 2017 y Tuesta (2016) cuyo objetivo es evaluar las especies *Lemna minor* L. ("lenteja de agua") y *Eichhornia crassipes* M ("Jacinto de agua") en la remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de la piscigranja de la empresa acuícola Alto Mayo Provincia de Moyobamba-2014.

Además, se realizó fichas de recolección de datos, para la comparación de las dos investigaciones seleccionadas, para identificar sus semejanzas y diferencias.

Así mismo, las fuentes de información tanto primaria como secundaria, fueron citadas y referenciadas conforme al estilo APA. Esta revisión se realizó durante un periodo

de seis meses y se analizaron más de 50 referencias publicadas los últimos 10 años, seleccionadas a criterio de los autores.

### **3. Resultados**

#### **3.1. Comparación de las metodologías utilizadas**

Los puntos más resaltantes entre ambas investigaciones son: el caudal, debido a que de las aguas residuales del matadero (Juárez, 2018) empleó 100L/día, mientras (Tuesta, 2016) empleó 17040 L/día de aguas de un criadero de peces. Asimismo tanto las aguas residuales del matadero (Juárez, 2018) y las aguas residuales de un criadero de peces (Tuesta, 2016), se evaluaron por un periodo de 4 meses.

Los parámetros evaluados en las aguas residuales del matadero (Juárez, 2018) fueron DBO5, DQO, Sólidos totales disueltos, Nitratos, Oxígeno Disuelto, temperatura, Fosfatos, pH; y en las aguas residuales de un criadero de peces (Tuesta, 2016) turbiedad, pH, solidos suspendidos totales, temperatura, oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno. Para la presente investigación se seleccionó 4 parámetros representativos y en común en ambas investigaciones trabajadas (pH, Temperatura, DQO, DBO).

La macrófita flotante empleada en el tratamiento de las aguas residuales del matadero (Juárez, 2018) fue *Eichhornia crassipes*, por su parte (Tuesta, 2016) empleó dos (02) macrófitas flotantes para el tratamiento de aguas de un criadero de peces *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M. tanto de forma independiente como conjunta. Para la presente investigación se trabajó con los resultados obtenidos de forma independiente de la macrófita *Eichhornia crassipes*, debido a que (Juárez, 2018) solo trabajó con la macrófita antes mencionada.

Respecto a la metodología empleada para las aguas residuales del matadero (Juárez, 2018) empleó un sistema continuo y en las aguas residuales de un criadero de peces (Tuesta, 2016) dos(02) sistemas: uno continuo y otro por tandas; para la presente investigación se trabajó con los resultados obtenidos de los sistemas continuos de ambas investigaciones, cabe mencionar que en el caso de las aguas residuales del matadero

(Juárez, 2018) se consideró los resultados obtenidos a los 63 días de funcionamiento ya que el autor indica que fue ahí donde se obtuvo una máxima eficiencia.

### 3.2. Comparación de la Calidad de efluente

En el cuadro 1 se muestra la calidad de las aguas residuales, antes y después del tratamiento. En los resultados de los afluentes en aguas residuales de un criadero de peces, Tuesta (2016) indica que los parámetros: pH (6.53) , temperatura (22.60°C), DQO (333.75 mg/L) y DBO (132.50 mg/L) se encuentran por debajo de los Valores Máximos Admisibles D.S. N° 021-2009-VIVIENDA para efluentes no municipales, y después del tratamiento con la macrófita flotante *E. crassipes* se obtiene una disminución en los parámetros de DQO (254.00 mg/L) y DBO (98.50 mg/L). Por el contrario los parámetros de pH (7.03), temperatura (22.83°C) aumentan de manera significativa después del tratamiento.

Asimismo se muestran de manera paralela los resultados de los afluentes de las aguas residuales de un matadero, Juárez (2018) indica que los parámetros: DQO (3954.00 mg/L) y DBO (940.00 mg/L) sobrepasan los Valores Máximos Admisibles D.S. N° 021-2009-VIVIENDA para efluentes no municipales; después del tratamientos con la macrófita flotante *E. crassipes* estos disminuyen DQO (96.50 mg/L) y DBO (12.50 mg/L). En este caso también se puede notar que los parámetros de pH (7.30), temperatura (28.30°C) aumentan de manera significativa después del tratamiento pH (7.40), temperatura (28.70°C).

**Cuadro 1.** Calidad del efluente tratado

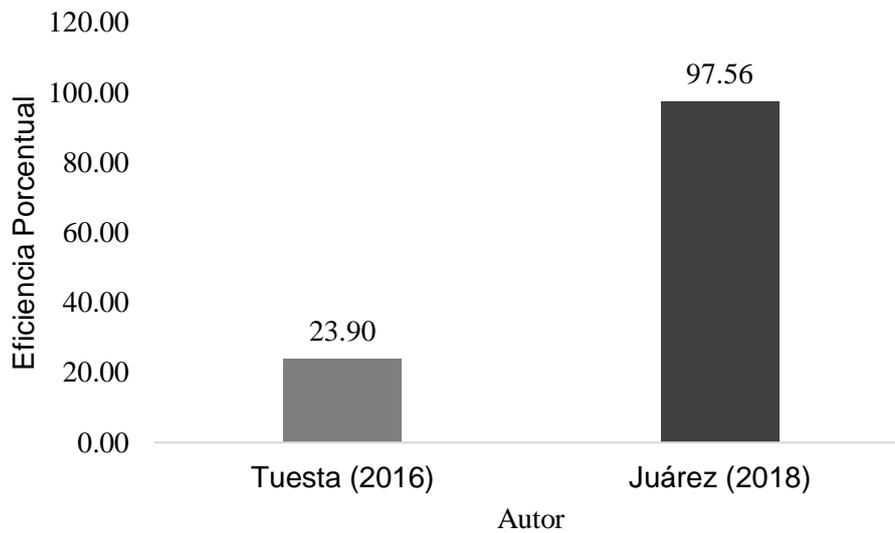
**Table 1.** Quality of the treated effluent

N°	Parámetros	Tuesta (2016)		Juárez (2018)		VMA
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
1	pH	6.53	7.03	7.30	7.40	6-9
2	Temperatura (°C)	22.60	22.83	28.30	28.70	<35
3	DQO (mg/L)	333.75	254.00	3954.00	96.50	1000.00
4	DBO (mg/L)	132.50	98.50	940.00	12.50	500.00

Fuente: Adaptado de Tuesta (2016) y Juárez (2018).

### 3.3. Comparación de la eficiencia de remoción de DQO

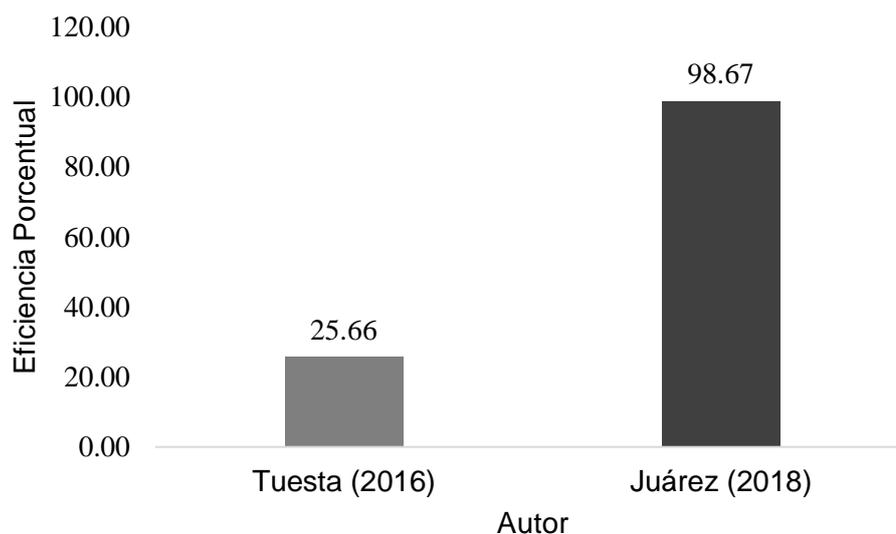
En la figura 1 se muestra las eficiencias de remoción de la DQO del agua residual no municipal, utilizando la macrófita flotante *E. crassipes*. Tuesta (2016) encontró una eficiencia del 23.90% para agua residuales de un matadero; mientras que Juárez (2018) obtuvo una eficiencia de 97.56% para aguas residuales de un criadero de peces.



**Figura 1.** Comparación de la eficiencia de remoción de DQO  
**Figure 1.** Comparison of COD removal efficiency  
Fuente: Adaptado de Tuesta (2016) y Juárez (2018)

### 3.4. Comparación de la eficiencia de remoción de DBO

En la figura 2 se muestra las eficiencias de remoción de la DBO del agua residual no municipal, utilizando la macrófita flotante *E. crassipes*. Tuesta (2016) encontró una eficiencia del 25.66% para agua residuales de un matadero; mientras que Juárez (2018) obtuvo una eficiencia de 98.67% para aguas residuales de un criadero de peces.



**Figura 2.** Comparación de la eficiencia de remoción de DBO

**Figure 2.** Comparison of BOD removal efficiency

**Fuente:** Adaptado de Tuesta (2016) y Juárez (2018).

#### 4. Discusión

Las dos investigaciones buscan la remoción y/o disminución de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales provenientes de criaderos de peces y mataderos, empleando la macrófita *Eichhornia crassipes*, los investigadores, utilizaron una alternativa para contribuir con la conservación de las fuentes hídricas, en donde van a parar las aguas residuales, mediante el reaprovechamiento de un recurso natural existente y de bajo costo.

A partir de los resultados obtenidos en los análisis, los mismos que se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2, se mencionan que las aguas residuales de un matadero y un criadero de peces, después del tratamiento con la macrófita flotante *Eichhornia Crassipes*, en un periodo de 4 meses, las concentraciones de pH, Temperatura, DBO, DQO, muestran valores significativos de los parámetros medidos.

Mientras que Mees, Gomes, Boas, Fazolo, & Sampaio (2009), empleó la macrófita *Eichhornia Crassipes* en aguas residuales de mataderos, aplicando un sistema de tratamiento, por un período de 90 días, en sus resultados se obtuvieron valores significativos de eficiencias de eliminación máximas de 77.2% para DQO y 77.8% para DBO, para un tiempo de retención de 5 días.

Por otro lado Akinbile & Yusoff (2012), analizaron la eficiencia de la macrófita *Eichhornia Crassipes* aplicando un sistema de fitorremediación, indicando que se observan reducciones similares en DQO, Nitrógeno total,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_3$  y  $\text{PO}_4^{3-}$ . Por ello, resaltan la capacidad de estas plantas para eliminar nutrientes de los cuerpos de agua para una purificación eficiente.

Según Rezania, Ponraj, Fadhil Md Din, Chelliapan, & Md Sairan (2016), en un periodo de 21 días, utilizaron la macrófita *Eichhornia Crassipes* para correlacionar la absorción de nutrientes y la tasa de crecimiento de biomasa. En sus resultados se obtuvieron porcentajes considerables de reducción en la mayoría de los parámetros utilizados, que incluían DQO, carbono orgánico total y  $\text{NH}_3$ , en comparación con el estándar INWQS. La capacidad de estas plantas para eliminar los nutrientes presentes en las aguas residuales se demostró con éxito durante este estudio.

Lagos (2005), en su investigación pretendió evaluar la capacidad depuradora de la materia orgánica y color, empleando la macrófita *Eichhornia Crassipes*, como un sistema de tratamiento de efluente de industria de celulosa kraft. En sus resultados, el DBO5 contenido en el efluente de celulosa kraft, fue removida en un 62 – 75 %, mientras que la eliminación de DQO fue entre un 46 – 58 %.

Panduro (2017), desarrolló un Biorreactor anaeróbico UASB a nivel piloto, por un periodo de 90 días, durante este tiempo, se monitoreo el comportamiento de Temperatura y pH, registrando un valor promedio de  $29,7^\circ\text{C}$  y 6,50 correspondientemente. Se realizaron 3 muestreos cada 30 días, donde se registraron el % de remoción de la materia orgánica. Los resultados en la remoción de DBO5 son de 73,91% y de la DQO en 75,98%.

Quispe, Arias, Martinez, & Cruz (2015), en su investigación se evaluó, la eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos, metales pesados de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de Agua). Los resultados obtenidos, muestran una eficiencia del 31% en la remoción de parámetros fisicoquímicos (conductividad (Us/cm)), Oxígeno disuelto (mg/L), solidos totales ((mg/L), turbiedad (UNT), pH, temperatura ( $^\circ\text{C}$ ), DBO5

(mg/L), DQO (mg/L) y fosfato (mg/L)); este sistema fue desarrollado por un periodo de 2 meses, con un tiempo de retención de 3 a 5 días.

Ayala, Calderón, Rascón, & Collazos (2018), emplearon las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale* para su investigación, con un periodo de 2 meses, analizando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (T°, pH, turbidez, sólidos totales, DQO, DBO5, coliformes totales, coliformes fecales). Obteniendo mayor porcentaje de remoción de materia orgánica y parámetros químicos DBO y DQO con la especie *Eichhornia crassipes*.

Carreño (2016), diseñó y construyó un biosistema de tratamiento para la remoción y retención de cromo de aguas contaminadas por los residuos del proceso de las curtiembres. En su sistema de tratamiento obtuvieron remociones por encima del 60%, por ende considera que se podría implementar esta tecnología en una curtiembre debido a su alto grado de remoción.

## **5. Conclusiones**

La macrófita flotante *Eichhornia crassipes* es eficiente en la disminución de los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales provenientes de los mataderos y criadero de peces, debido a su capacidad de trasladar los contaminantes mediante las raíces, hacia el tallo y hojas, por medio de su coeficiente de bioacumulación (Carrión., 2012). En los resultados, la eficiencia de la macrófita flotante *Eichhornia crassipes*, tuvo mayor remoción en las aguas provenientes de un criadero de peces, demostrando ser un buen depurador de materia orgánica, con un 98.67%; en las aguas residuales de mataderos se obtuvo un porcentaje menor de remoción que es de 25.66%, siendo un factor externo, el tiempo de retención, la temperatura y la carga de nutrientes. De esta manera se concluye que la macrófita flotante *Eichhornia Crassipes* es eficiente en la remoción de parámetros fisicoquímicos de aguas residuales provenientes de criadero de peces.

## **6. Agradecimientos**

En primer lugar deseamos expresar nuestros agradecimientos a Dios, que es el dador de la vida y que nos permite poder seguir desarrollándonos en todos los aspecto de

nuestras vidas. Asimismo agradecemos a nuestras familias que de una u otra forma, nos brindan su apoyo.

Gracias a nuestros docentes por los conocimientos compartidos ya que fueron de gran apoyo, para nuestro desarrollo como estudiantes y profesionales.

## 7. Referencias

- Akinbile, C. O., & Yusoff, M. S. (2012). Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture wastewater treatment. *International Journal of Phytoremediation*, 14(3), 201–211. <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.587482>
- Ayala, Y. R., Calderón, E., Rascón, J., & Collazos, R. (2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas*, 2(3), 48–53. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.403>
- Balbuena, E., Ríos, V., Flores, A., Meza, J., & Galeano, A. (2011). Manual para el Extensionista en Acuicultura. Ministerio de Agricultura y Ganadería, FAO Paraguay, 1–54. <https://doi.org/10.1111/bph.13788>
- Buenas, P. (2013). Tratamiento de efluentes de la acuicultura. *Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca*.
- Carreño, U. F. (2016). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 74. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271>
- Carrión, C., León Ponce-de, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M., & Vanegas, C. (2012). Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46(6), 609–620.
- Córdoba, D., & Castilla, A. (2019). Tratamiento de aguas residuales. *Universidad de Manizales, Facultad de Economía*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Coronel Castro, E. (2016). Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas 2015. *Universidad Nacional Toribio de Rodríguez de Mendoza de Amazonas*, 19–96.
- FAO. (2011). Enfoque ecosistémico a la acuicultura. In *FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. (Vol. 5).
- Juárez, L. (2018). Evaluación del humedal artificial de lecho fluidizado ascendente con macrofitas flotantes, en la remoción de aguas residuales del matadero municipal de la.

- ciudad de Moyobamba 2017". *Universidad Nacional de San Martín*, 15–105.
- Lagos, C. (2005). *Utilización del jacinto acuático Eichhornia crassipes ((Mart) Solms 1883) como sistema de tratamiento para la eliminación de materia orgánica y color en efluente de celulosa kraft*. Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Mees, J. B. R., Gomes, S. D., Boas, M. A. V., Fazolo, A., & Sampaio, S. C. (2009). Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using Eichhornia crassipes and evaluation of the generated biomass composting. *Engenharia Agrícola*, 29(3), 466–473. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162009000300013>
- Muñoz Muñoz, D. (2005). Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: para una población menor 2000 habitantes. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 3(1), 87–98.
- Nolasco Salazar, C. (2018). Influencia del vertido del efluente líquido del Camal Municipal de Nueva Cajamarca en el ecosistema acuático del canal Galindona. *Universidad Católica Sedes Sapientiae*.
- Panduro, R. (2017). *Tratamiento Integral de las aguas residuales de matadero municipal de la ciudad de Moyobamba en un biorreactor anaeróbico tipo UASB a nivel piloto* (Vol. 12). Universidad Nacional de San Martín.
- Portocarrero, S. (2018). Evaluación de la influencia de la calidad del agua y el manejo en la condición sanitaria de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en piscigranjas de la región Amazonas (Vol. 1).
- Poveda, 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*. Universidad Técnica de Ambato.
- Quispe, L., Arias, J. B., Martínez, C. F., & Cruz, M. (2015). Eficiencia de la especie macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) para la remoción de parámetros fisicoquímicos, metal pesado (Pb) y la evaluación de su crecimiento en función al tiempo y adaptación al medio en una laguna experimental Lizbeth. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ramil, P. (2014). *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms en el Parque Nacional Marítimo-Terrestre das Illas Atlánticas de Galicia como resultado de un transporte por mar a larga distancia. *Recursos Rurais: Revista Oficial Do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)*, (10), 15–24.
- Rezania, S., Ponraj, M., Fadhil Md Din, M., Chelliapan, S., & Md Sairan, F. (2016). Effectiveness of *Eichhornia crassipes* in nutrient removal from domestic wastewater based on its optimal growth rate. *Desalination and Water Treatment*, 57(1), 360–365. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.967305>

- Salas, G., & Condorhuamán, C. (2008). Tratamiento de las aguas residuales de un centro de beneficio o Matadero de ganado. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 11(1), 29–35.
- Salazar, R. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en Acuicultura. *Universidad de Nariño*, 48.
- Tuesta, N. (2016). Evaluación de las especies *Lemna minor* L. y *Eichhornia crassipes* M. en remoción de materia orgánica biodegradable en efluentes de piscigranjas de la empresa acuícola Alto Mayo, provincia de Moyob. *Universidad Nacional de San Martín*, 85.
- Villanueva, L., & Yance, J. (2017). *Mejoramiento de la eficiencia de remoción de materia orgánica y coliformes termotolerantes en la PTAR del distrito de Huáchac-Chupaca*. Universidad Nacional del Centro del Perú.