

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**"EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA  
CON *Pistia stratiotes* “REPOLLO DE AGUA” DE LAS AGUAS  
RESIDUALES PORCINAS DE LA AGROPECUARIA LOCK,  
DISTRITO DE CHANCAY, PROVINCIA DE HUARAL-2020"**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**EMERSON FALDÍ BAZÁN ESPINOZA**

**HUACHO – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**"EVALUACIÓN DE REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA  
CON *Pistia stratiotes* “REPOLLO DE AGUA” DE LAS AGUAS  
RESIDUALES PORCINAS DE LA AGROPECUARIA LOCK,  
DISTRITO DE CHANCAY, PROVINCIA DE HUARAL-2020"**

**SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL JURADO EVALUADOR:**

**Dr. Segundo Rolando Alvites Vigo**  
Presidente

**Ms. María del Rosario Grados Olivera**  
Secretaria

**Ms. Hellen Yahaira Huertas P.**  
Vocal

**Ing. Luis Miguel Chávez Barbery**  
Asesor

**HUACHO – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Primeramente, agradecer a Dios por darme la vida, a mis padres, Zacarias y Anatolia, quienes fueron el artífice de la culminación de mis estudios superiores.

A mis hermanos Willer, Edyn, Cristian, Kelly, Denis y Sulema que me apoyaron en los momentos difíciles que se presentan en el camino de la vida.

*Bazán Espinoza Emerson Faldí*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme por un buen camino así cumplir mis metas trazadas.

Mis padres por el aliento, quienes fueron pieza fundamental para culminar este proyecto.

Y también a la universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión, facultad de ingeniería agrarias industrias alimentarias y ambiental, especialmente a la escuela ingeniería ambiental por mi formación profesional y personalmente.

*Bazán Espinoza Emerson Faldí*

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la eficiencia de *Pistia stratiotes* "repollo de agua", en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales porcinas, en la Agropecuaria Lock. **Metodología:** el trabajo de investigación se desarrolló en la Ciudad de Chancay, para lo cual se recolectó 20 litros de agua residual porcina, llenar en sistema de tratamiento (tanque) donde se introdujo 400 gr de *Pistia stratiotes*, para determinar la reducción Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, en un tiempo de 21 días con *Pistia stratiotes* "repollo de agua" se analizó en laboratorio acreditado por INACAL. **Resultados:** se demostraron que, Bioquímica de Oxígeno fue mayor la remoción disminuyendo de 1750,8 mg/L hasta 134,8 mg/L en una variación porcentual de 92,30%, mientras para el caso de Demanda Química de Oxígeno disminuyó de 3123,5 mg/L hasta 441,4 mg/L con una variación porcentual de 85,87 %, dado que fueron eficientes **Conclusión:** La macrófita *Pistia stratiotes* se evidenció eficiencia de remoción de materia orgánica significativo durante el tiempo de 21 días.

**Palabras claves:** Materia Orgánica, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the efficiency of *Pistia stratiotes* "water cabbage", in the removal of organic matter from swine wastewater, at Agropecuaria Lock. **Methodology:** The research work was carried out in the city of Chancay, for which 20 liters of swine wastewater were collected, filled in a treatment system (tank) where 400 grams of *Pistia stratiotes* were introduced to determine the removal of organic matter, in a time of 21 days. To determine the reduction of Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand, with *Pistia stratiotes* "water cabbage" was analyzed in a laboratory accredited by INACAL. **Results:** They were efficient where, Biochemical Oxygen Demand was higher removal decreasing from 1750,8 mg/L to 134,8 mg/L in a percentage variation of 92,30%, while in the case of Chemical Oxygen Demand decreased from 3123,5 mg/L to 441,4 mg/L with a percentage variation of 85,87 %. **Conclusion:** The macrophyte *Pistia stratiotes* showed significant organic matter removal efficiency during 21 days.

**Key words:** Organic matter, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN .....	v
ÍNDICE.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas Específicos .....	3
1.3 Objetivos de la Investigación .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Delimitación del estudio .....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes de la investigación. ....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales. ....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales. ....	7
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. Calidad de agua .....	8
2.2.2. El agua .....	8
2.2.3. Aguas residuales .....	8
2.2.4. Clasificación de las aguas residuales.....	9
2.2.5. La materia orgánica .....	9
2.2.6. Contaminación del agua por materia orgánica. ....	9
2.2.7. Remoción de Materia Orgánica .....	9
2.2.8. <i>Pistia stratiotes</i> (Repollo de agua).....	10
2.2.9. Taxonómica <i>Pistia stratiotes</i> .....	11
2.2.10. Morfología de <i>Pistia stratiotes</i> “repollo de agua”.....	11
2.3. Definiciones conceptuales.....	12
2.4. Formulación de la hipótesis .....	16

2.4.1.	Hipótesis general.....	16
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	16
<b>CAPITULO III. METODOLOGÍA.....</b>		<b>17</b>
3.1.	Diseño Metodológico.....	17
3.1.1.	Ubicación .....	17
3.1.2.	Materiales e insumos .....	18
3.1.3.	Diseño experimental .....	18
3.1.4.	Tratamientos .....	19
3.1.5.	Variables a evaluar .....	19
3.1.6.	Conducción del experimento .....	19
3.2.	Población y muestra.....	21
3.2.1.	Muestra.....	21
3.3.	Técnicas de recolección de datos .....	21
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información.....	22
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS .....</b>		<b>23</b>
4.1.	Análisis del resultado.....	23
<b>CAPITULO V. DISCUSIONES .....</b>		<b>28</b>
<b>CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>29</b>
6.1.	Conclusiones .....	29
6.2.	Recomendaciones .....	29
<b>CAPITULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>30</b>
7.1.	Fuentes bibliográficas.....	¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación del área de estudio. ....	5
Figura 2. Partes de la <i>Pistia stratiotes</i> . ....	12
Figura 3. Mapa de ubicación de Agropecuaria Lock.....	17
Figura 4. Variación de pH de planta acuática en función a tiempo.....	24
Figura 5. Variación de temperatura en función de tiempo. ....	25
Figura 6. Variación de conductividad eléctrica en función de tiempo .....	26
Figura 7. Evolución de la acción de la <i>Pistia stratiotes</i> durante de 21 días. ....	27
Figura 11. Cadena de custodia antes de experimento.....	34
Figura 12. Cadena de custodia después de experimento .....	35
Figura 13. Resultados de la DBO y DQO antes de tratamiento. ....	36
Figura 14. Resultados de la DBO y DQO después de tratamiento.....	39
Figura 16. Sistema donde se desarrolló tratamiento de agua residual porcina.....	43
Figura 17. Trasplante de <i>Pistia stratiotes</i> “repollo de agua” de los humedales de santa rosa-Chancay .....	43
Figura 18. Pesado de <i>Pistia stratiotes</i> “repollo de agua” .....	44
Figura 19. Medición de pH, conductividad eléctrica y temperatura antes de tratamiento. .	44
Figura 20. Medición de pH, conductividad eléctrica y temperatura después de tratamiento. ....	45
Figura 21. Cooler para guardar las muestras envió a laboratorio Alab .....	45
Figura 22. Muestras antes y después de tratamiento de agua residual porcina, con <i>Pistia stratiotes</i> . ....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de <i>Pistia stratiotes</i> .....	11
Tabla 2 Materiales e insumos .....	18
Tabla 3 Proceso empleado para tratamiento de agua residual porcina.....	19
Tabla 4 Resultado de la calidad de agua residual porcina antes de tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i> . .....	23
Tabla 5 Variación de pH.....	23
Tabla 6. Variación de temperatura .....	24
Tabla 7. Variación de conductividad eléctrica .....	25
Tabla 8. Comparación la acción de <i>Pistia stratiotes</i> con ECA. ....	26
Tabla 9. Resultado de la calidad de agua residual porcina después de tratamiento con <i>Pistia stratiotes</i> . .....	27

## INTRODUCCIÓN

Espejo (2006), menciona a que nivel mundial la producción porcina, como cualquier otra actividad, requiere de insumos que proporciona la naturaleza y produce, además de productos de valor económico también genera los residuos que afecta al medio ambiente, aparte de repercusiones directas de los desechos sobre los recursos como agua, suelo y aire, factores que perturban como los olores y plagas de insectos, además de efectos indirectos sociales, políticos e incluso estéticos que son imposibles de cuantificar.

La crianza de cerdo es una de las actividades económicas que se realiza donde en el año 2019 se registró 124 millones de toneladas carne de cerdo. (Flores, 2020). Esto conlleva a utilización de agua para sus diferentes procesos, donde se genera gran cantidad de aguas residuales, pues sin previo tratamiento estos generan un problemático en tema ambiental. Uno de los problemas tenemos en la península de Yucatán en cetro América México, la estructura geológica es fracturado y permeable lo que carece de la capacidad de retención de agua, por lo cual conlleva alteración de estado natural de agua subterránea. (Novelo, 2014). El Perú se encuentra en puesto 48 en ranking de producción de porcina, según Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2018), la producción porcina alcanza un poco más de 3,4 millones, debido a que el consumo de carne de este animal aumenta día a día lo que conlleva que las granjas también aumenten en el país, en tema ambiental en porcicultura es crítico por el tipo de residuo que produce el cerdo y por el modelo de la actividad que desarrolla, en gran mayoría de las granjas porcinas que menosprecian los problemas ambientales que ocasiona. La región lima es que tiene más producción de carne porcina en el país, representan el 42% de la producción nacional, la cual muestra un crecimiento (Asociación peruana de poricultores, 2019), donde la gran mayoría no cuenta con un adecuado tratamiento de sus efluentes, pues terminan en el suelo, en lagos o en ríos, en caso de rio chillón una de la contaminación es por la actividad de crianza de porcícolas donde vierten directamente al cuerpo receptor.

En provincia de Huaral, en caso de distrito de Chancay es una de las actividades económicas se desarrolla la crianza de cerdos, en caso de humedal de santa rosa “los cascajos”, los criaderos de los cerdos utilizaban como reservorio de oxigenación, producto de ello fue proliferación de especies invasoras como repollo de agua, donde causo pérdida de biodiversidad por falta de oxigenación (Sakura, 2013).

## CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad el sector crianza porcícola, en tema ambiental es crítico por residuos generados, producto de la mala manipulación de aguas residuales en la granja porcícola generando impactos negativos en aguas residuales y subterráneas modificando las propiedades físico-químicas del agua cercanas a su entorno, generando enfermedades a los seres que interactúan con ella, como peste porcina clásica, rotavirus, colibacilosis, parásitos gastrointestinales, salmonella, así como la proliferación de moscas que actúan como vectores de estas y otras enfermedades. (Tarache, 2018, pp. 27-29).

Las aguas residuales porcinas es una gran preocupación debido aumento de granjas porcinas en el país, donde la gran mayoría de granjas no cuenta con un tratamiento, pues estas aguas van generalmente al suelo o los ríos, lagunas, humedales. El exceso de nutrientes favorece el crecimiento de las algas desencadenando con ello el agotamiento del O<sub>2</sub> disuelto, favoreciendo la proliferación de larvas de insectos nocivos, y en casos severos se provoca la eutroficación de los cuerpos de agua.

La Agropecuaria Lock se encuentra ubicado Sector El Hatillo, Altura De La Panamericana Norte Km 102,7 Carretera Rio Seco- Sayán Km 2,5 margen derecho Loma Barba, que se dedica a la producción y venta de cerdos, no es ajeno a esta problemática, pues es muy preocupante por el tipo de suelo arena, porosos y compactos, donde carece de la capacidad de retención de agua, por lo cual conlleva a la contaminación de agua subterránea, proliferación de vectores, a su vez la sobreacumulación de estas aguas al estancarse favorece la aparición de vectores patógenos vulnerando aún más a la población el cual es afectado indirectamente a la población aleñada.

Por lo cual en esta investigación surge la idea de dar tratamiento sostenible a esta problemática, mediante la planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, donde han fue estudiado ampliamente por su potencial removedor de diversas contaminantes presentes de aguas residuales como la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), N y P, (Lecca, 2014). Donde esta planta se encuentran gran cantidad de organismos benéficas adheridas en las raíces gracias a esto tiene la capacidad de composición y estabilización diferentes contaminantes orgánicos y sobre todo acumular los metales pesados.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál será la eficiencia de *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales porcinas, en la Agropecuaria Lock, distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- a) ¿Cuánto será la disminución de DBO, mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021?
- b) ¿Cuánto será la disminución de DQO, mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021?
- c) ¿Cuál será la categoría del ECA: D.S. N° 004-2017-MINAM, apta para las concentraciones de DBO y DQO mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales porcinas, en la Agropecuaria Lock, Distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Determinar la disminución de DBO, mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021
- b) Determinar la disminución de DQO, mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021
- c) Determinar la categoría del ECA: D.S. N° 004-2017-MINAM, apta para las concentraciones de DBO y DQO mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021

#### **1.4 Justificación de la investigación**

La presente investigación se justifica teóricamente, dado que los resultados servirán como información para futuras investigaciones que trabajen temas relacionados a la remoción de materia orgánica de aguas residuales porcinas a través *Pistia stratiotes* “repollo de agua”.

A su vez, la investigación servirá como base de datos para futuras propuestas de mejora de la calidad de aguas residuales porcinas que pueda realizarse por parte de las autoridades locales, regionales o nacionales, ya que no existe suficientes estudios sobre el tema en estudio.

Tiene justificación práctica, pues con los resultados obtenidos los titulares de la Agropecuaria Lock deberán tomar medidas para solucionar los posibles problemas que se puedan encontrar, tales como mejorar la remoción de materia orgánica en las aguas residuales que generan.

Asimismo, la investigación permitirá identificar cuáles son los parámetros que están por encima de los límites señalados, puesto que se encontrarán afectando la calidad del medio ambiente.

#### **1.5 Delimitación del estudio**

##### **a) Delimitación espacial**

La agropecuaria Lock se encuentra en distrito de Chancay, provincia de Huaral y en departamento de Lima, cuya ubicación UTM es: E 243771,96 y N 8737662,56, donde se obtuvo una muestra en el punto de efluente.

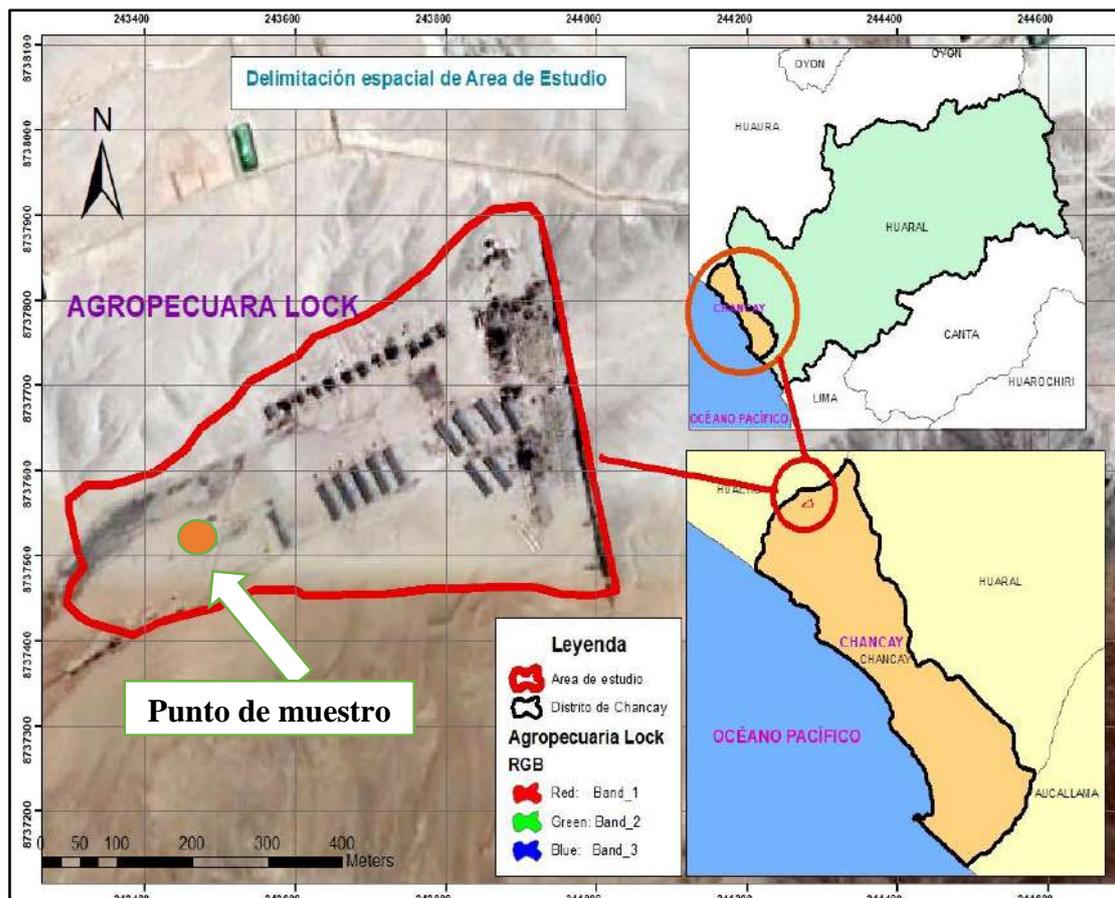


Figura 1. Delimitación del área de estudio.  
Fuente: Google Earth Pro.

### b) Delimitación temporal

El estudio referente a la evaluación del agua residual porcina se desarrollará desde el mes de junio hasta mes de julio del 2021, los resultados obtenidos también serán interpretados este año con Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación.

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales.

Akinbile y Yusoff (2017), en ciudad de Riohacha-Colombia, publicó en su trabajo de investigación sobre: “Evaluación de la efectividad del *Eichhornia Crassipes* “jacinto de agua” y *Pistia stratiotes* “lechuga de agua” en el tratamiento de aguas residuales de acuicultura”. Determinaron la eficiencia de remoción con *Pistia Stratiotes* “lechuga de agua”, de diferentes parámetros como pH varío de 6,24 a 7,07, se observó también reducción porcentual de todos los parámetros DQO, TKN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>3</sub> y PO<sub>4</sub> a un 93,69%, en un tiempo de 30 días.

Chen et al. (2014), en la universidad de Cartagena de Indias, Provincia de Cartagena, Bolívar, Colombia, realizaron un estudio sobre: “*Características ecofisiológicas de Pistia stratiotes y su eliminación de contaminantes de las aguas residuales del ganado*” demostró la *Pistia stratiotes* en bajas concentraciones una mayor eficiencia donde resulto una remoción de porcentaje de DQO (68–82%), en un tiempo de 8 días.

Martínez et al. (2015), en la universidad la Salada-Argentina, realizaron un estudio sobre: “*Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*” determino que aplicando el tratamiento en humedales artificiales fue una remoción de materia orgánica muy eficiente gracias a la filtración y deposición.

Zimmels et al. (2006), realizaron un estudio sobre: “*Aplicación de Eichhornia crassipes y Pistia Stratiotes para el tratamiento de aguas residuales urbanas en Israel*”. Se desarrollo la investigación a escala piloto y laboratorio, donde *Pistia Stratiotes* tiene la eficiencia de remoción de DQO (40-50 mg L<sup>-1</sup>) y niveles muy bajos de TSS (3-5 mg L<sup>-1</sup>) y turbidez (1-2 NTU) a escala laboratorio mientras para escala piloto en un periodo de 2,5 a 4 días la Demanda Química de Oxígeno disminuyo de 460 mg/l a 100 mg/l, donde concluye el autor para el tratamiento de aguas residuales urbanas y agrícolas es una opción viable.

Galal et al. (2018), en la ciudad de Egipto, realizaron un estudio sobre: “*Potencial de bioacumulación y rizo filtración de Pistia stratiotes L. para mitigar la contaminación del agua en los humedales egipcios*” se realizó para pos tratamiento de aguas residuales domesticas con la planta *Pistia Stratiotes*, los resultados demuestran una eliminación eficaz de la

turbidez, N, P y DQO de 98,5, 100, 100 y 79,18%, respectivamente, donde concluye como un buen removedor de diferentes parámetros.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales.**

Chang y Huamán (2019) realizaron en la Provincia de Satipo-Departamento de Junín un estudio sobre: “Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante las Macrófitas *Eichhornia Crassipes* y *Pistia Stratiotes*, plantas típicas de la Selva Peruana” determinaron que la planta acuática *Pistia Stratiotes* tiene la capacidad de remoción de los parámetros como aceites y grasas a un 75,45 %, DBO a un 79,8%, DQO al 73,7%, STS 82% y Coliformes fecales 99,9%, donde concluye en esta investigación que la *Pistia stratiotes* tuvo un porcentaje de remoción total de 82,2%, es más eficiente a diferencia de *Eichhornia Crassipes* tuvo una remoción total de 81,5%, es apta para verter a un cuerpo receptor según el decreto supremo N° 003-2010-MINAM.

Aranda y Pinchi (2021) realizaron un estudio sobre: “Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martin, 2019”. Determino la eficiencia de remoción de los parámetros fisicoquímicos por tratamiento T1: Jacinto de agua y T2: Repollo de agua fueron; Nitrogeno 12,3% y 5,5%, Fosforo 9,1% y 3,6%, pH 26,8% ambos, color 41,2% y 3,9%, turbidez 20,8% y 12,8%, el DBO fue 11,2% y 403,5% (sobre el nivel inicial), el DQO, fue del 17,6%, y 222% (sobre el nivel inicial)

Ramirez y Paredes (2019), en el departamento de San Martín- Tarapoto realizaron un estudio sobre: “Evaluación de dos especies macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018”. Demostraron que la planta acuática *Pistia Stratiotes* tuvo un porcentaje de remoción 81,008% para los parámetros químicos, es una de las especies eficientes en remoción también de materia orgánica en las aguas residuales domésticas.

Solano (2019), realizo en Chiclayo-Distrito de santa rosa un estudio sobre: “Comparación de la eficiencia de *Pistia stratiotes* y *Azolla filiculoides* para mejorar la calidad del agua residual del dren 4000”. Demostró que, en periodo de 21 días, la más eficiente fue *Pistia stratiotes*,

con un porcentaje de remoción de turbidez al 98,92%, Demanda Química de Oxígeno al 78,48% y para Demanda Biológica de Oxígeno al 88,035%.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Calidad de agua**

Según las declaraciones técnicas de Mendoza (1996), menciona la calidad relacionada al agua en algo relacionado al cumplimiento de ciertos parámetros (físicos, químico y microbiológico), asegurando de esa forma su inocuidad. Así mismo, menciona que un agua de calidad debe estar libre de gases o sólidos en suspensión, puesto que alguno de estos no puede observarse a simple vista.

Por otro lado, Arias (2002) refiere que para realizar el análisis de calidad en el agua se tiene que desarrollar un conjunto de procesos que tienen como fin evaluar los diversos parámetros existentes, las cuales pueden haber sido afectada de forma natural o por intervención del ser humano.

Para Tuesca, Ávila, Sisa y Pardo (2015), consiste en identificar ciertas propiedades de carácter físicas, químicas y microbiológicas que presenta el agua y compararlas con lo establecido en las normas orientadas a regular la calidad.

### **2.2.2. El agua**

El Ministerio de desarrollo económico y Servicio Nacional de Aprendizaje (1999) establece que el agua es considerada como una sustancia incolora y sin sabor; sin embargo, este recurso no siempre es así, pues puede tener propiedades que los altera, esta situación quiere decir que no se encontraría en condiciones aptas para ser consumidas. De la misma forma el investigador Sierra (2011) menciona que el agua es un recurso de primera necesidad fundamental para la supervivencia de una persona, ya que, sin ella ningún ser humano podría sobrevivir.

Para el Ministerio de desarrollo económico y SENA (1999), el agua se puede presentar en tres diferentes condiciones, las cuales se van a diferenciar según el nivel de tratamiento que puedan haber recibido.

### **2.2.3. Aguas residuales**

La Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (2013), define a las aguas residuales como aquellas aguas cuyas características originales han sido

modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

#### **2.2.4. Clasificación de las aguas residuales.**

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) clasifica las aguas residuales en los siguientes.

- a) **Aguas residuales domesticas:** son aquellas de origen residencial y comercial que contienen los desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana que deben ser dispuestas adecuadamente. (OEFA, 2014)
- b) **Aguas residuales municipales:** Son aquellas aguas residuales domesticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidos en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado
- c) **Aguas residuales industriales:** Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

#### **2.2.5. La materia orgánica**

La materia orgánica son producto de actividades industriales aparece en los vertidos como consecuencia de actividades domésticas y fecales y, al ser en su mayoría biodegradable, da lugar a una elevada proliferación de bacterias en el agua. Estos organismos consumen el oxígeno disuelto y originan situaciones de deficiencia de oxígeno que implican una serie de efectos bien conocidos: muerte de especies animales acuáticas, malos olores, etc. (Delgadillo et al., 2010).

#### **2.2.6. Contaminación del agua por materia orgánica.**

La contaminación de agua es producto de alta concentración de materia orgánica que procede básicamente de los procesos de descomposición, donde las reacciones químicas que requieren el oxígeno disuelto en el agua para su desarrollo, para la supervivencia de flora y fauna acuática necesita de oxígeno procedente de la atmosfera por intercambio de gases (Rojas, 2002).

#### **2.2.7. Remoción de Materia Orgánica**

La remoción de la materia orgánica consiste en eliminar parte de la concentración de los contaminantes que se encuentran en el agua residual, usando microorganismos y plantas que degradan la materia orgánica y transforman los compuestos nitrogenados y de fosforo, a compuestos más simples. (Rojas, 2002).

La fitorremediación es un tratamiento biológico que hace uso de las plantas y sus microorganismos asociados, se afirma que es un sistema eficaz, económico (en costos de operación y mantenimiento) y sostenible. La fitorremediación se puede lograr a través de diferentes procesos como la fitoextracción, rizofiltración, fitoestabilización, y fitotransformación/fitodegradación. El éxito de la fitorremediación depende principalmente de la actividad fotosintética y la tasa de crecimiento de las plantas. Hay una gran variedad de sistemas que usan plantas, algunas flotantes y otras con medios de soportes como los humedales. El uso de plantas acuáticas en el tratamiento de aguas residuales se ha convertido en un enfoque particular en los últimos años. (Rojas, 2002).

Las plantas acuáticas como *Pistia stratiotes* (lechuga de agua) y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) han sido utilizadas para la eliminación de un amplio rango de contaminantes de las aguas residuales. La alta productividad de algunas plantas flotantes y el alto requerimiento nutricional de nitrógeno (N) y fósforo (P) hacen que estas especies resulten adecuadas para reducir los niveles de estos nutrientes de los efluentes. (Rojas, 2002). Existe una gran variedad de plantas acuáticas usadas en los procesos de fitorremediación para remover contaminantes en ARM; se ha evaluado la eficiencia de varias plantas (*Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, *Hydrocotyle umbellata*, *Lemna minor*, *Typha latifolia* y *Scirpus acutus*) solas y combinadas. (Rojas, 2002).

La *Eichhornia crassipes* y la *Pistia stratiotes* han sido ampliamente estudiadas por su potencial de fitorremediación para remover diversos contaminantes presentes en las aguas residuales como la demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), N y P. También se han usado la *Eichhornia crassipes* y Césped para remover diversos contaminantes presentes en ARM entre ellos los metales pesados. Al igual que se han usado *Typha latifolia*, *Cyperus papyrus*, *Cyperus alternifolius* y *Phragmites australis* para remover patógenos como coliformes fecales (Rojas, 2002).

#### **2.2.8. *Pistia stratiotes* (Repollo de agua)**

*Pistia stratiotes* conocido como lechuguilla, lechuga de agua, repollo de agua es una planta acuática flotante que pertenece a la familia Aracene, la planta consiste en una roseta de hojas verdes que pueden llegar a, medir 40cm, hojas gruesas y anchas de color verde y estas hojas están cubiertas por pequeños vellos(tricomas); presenta inflorescencias incóspicuas (7x12x5mm) en el centro de roseta, que flotan libremente en la superficie; donde sus raíces se encuentran sumergidos en el agua. produciendo flores y frutos, donde habitualmente se multiplican de manera intensa, llenando por completo e invadiendo el humedal; ya sea por

las condiciones del sistema y su capacidad de asimilación de nutrientes en productividad de biomasa; es por eso que se considera invasoras. (Tripathi, 2010).

### 2.2.9. Taxonómica *Pistia stratiotes*

Tabla 1  
Clasificación taxonómica de *Pistia stratiotes*.

<b>CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA</b>	
REINO	<i>Plantae</i>
PHYLUM	<i>Magnoliophyta</i>
CLASE	<i>Liliopsida</i>
ORDEN	<i>Alismatales</i>
FAMILIA	<i>Araceae</i>
GÉNERO	<i>Pistia L.</i>
ESPECIE	<i>stratiotes</i>
<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	
<i>Pistia stratiotes</i>	
<b>NOMBRE COMÚN</b>	
Repollo de agua, lechuguilla de agua	
<b>CATEGORÍA</b>	
Invasora	

Fuente: Mejía – 2005.

### 2.2.10. Morfología de *Pistia stratiotes* “repollo de agua”.

Según Aurazo (2010), es una planta acuática, que encontramos de diferentes tamaños, de acuerdo a su desarrollo, que caracteriza por tener hojas arrosetadas, de color verde grisáceo intenso, pubescentes, con tejido esponjoso, reticuladas, obovadas, con el ápice redondeado o truncado y en veces levemente escotado, sésiles y alcanzan los 15 cm de longitud por 6 cm de ancho, poseen inflorescencias masculinas y femeninas en ejes muy cortos y rodeados por sendas espatas, la inflorescencia masculina tiene una sola flor con 2 estambres los cuales están unidos en gran parte de su longitud y sendas anteras biloculares. En las femeninas el ovario es elipsoide, reticulado-venoso, unicarpelar, con varios óvulos; el estilo es subcónico y el estigma capitado y ciliolado,

Los frutos son globosos, miden 1 cm de diámetro, son de color verde, cubiertos por una envoltura delicada; contienen numerosas semillas blancas, rugosas y elipsoides.

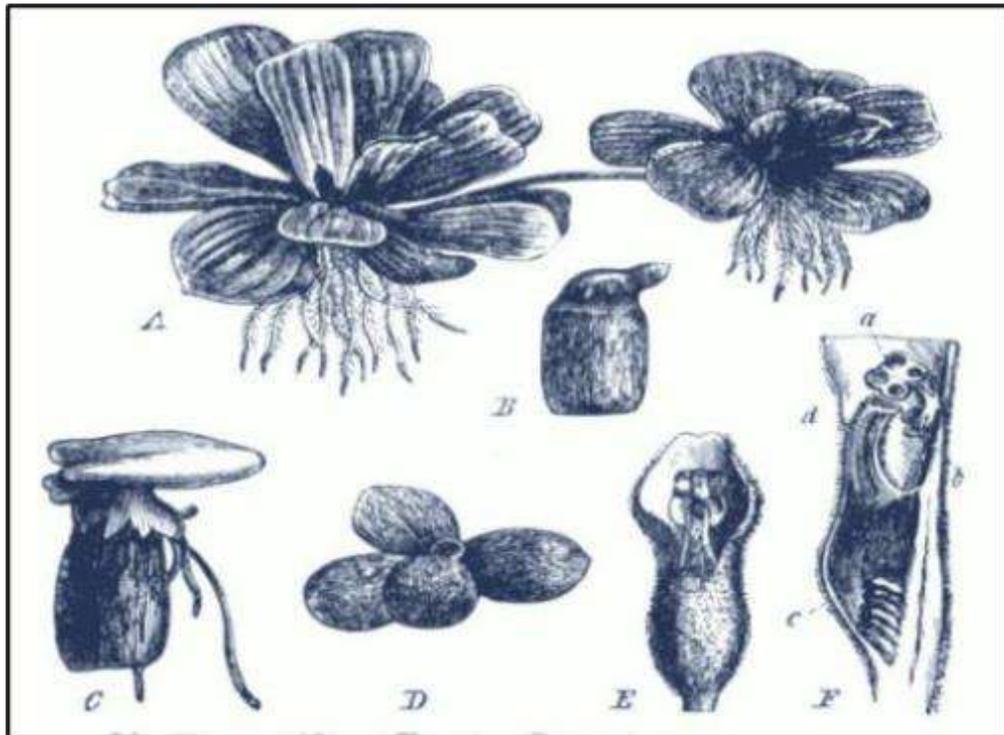


Figura 2. Partes de la *Pistia stratiotes*.

Fuente. Aurazo (2010)

- A. Hojas:** Dispuestas en rosetas gruesas y carnosas, de manera horizontal ascendente, que puede llegar a medir 20 cm, que tiene una forma de trapecio, más delgada en la base que en el ápice, que recorre por 7 a 12 nervios y cubiertas de pelos glandulares hidrófobos. Aurazo (2010)
- B. Frutos.** Tipo baba, de color verdoso, con grandes cantidades de semillas. Aurazo (2010)
- C. Estigma.** capitado y ciliolado. Aurazo (2010)
- D. Inflorescencia masculina.** Contienen más de 2 flores. Aurazo (2010)
- E. Inflorescencia femenina.** Contiene una sola flor. Aurazo (2010)

Las condiciones favorables para su desarrollo es lugares con bastantes iluminados donde mantienen a la planta en acuarios o invernaderos, no soporta muy bajas temperaturas mínimo temperatura es de 15 °C y óptimo para su desarrollo es de 22 a 30 °C, su reproducción es rápida, las plantas botan sus semillas al fondo del agua (tierra) en un periodo de 10 a 12 días, las nuevas plantitas suben a la superficie multiplicándose en gran número (Aurazo, 2010).

### 2.3. Definiciones conceptuales.

Glosario de términos utilizados en la presente investigación:

**Agua:**

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación (MINAM, 2017).

**Agua contaminada:**

Agua cuyos usos previstos se han comprometido como resultado del deterioro de su calidad original, producto de la incorporación de elementos contaminantes (MINAM, 2017).

**Carga contaminante:**

Cantidad de contaminante que se encuentra en los diferentes medios (suelo, agua, atmósfera), o que es liberada a los mismos en una unidad de tiempo y en lugar dado (MINAM, 2016).

**Aguas residuales:**

Aguas cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, requieren de tratamiento previo y pueden ser vertidas a un cuerpo natural de agua o ser reutilizadas (MINAM, 2016).

**Análisis fisicoquímico:**

Es un análisis que permite conocer si el agua presenta indicios de estar contaminada, así como también proporciona información importante para identificar niveles de contaminación. (DIGESA, 2008).

**Demanda Química de Oxígeno:**

Medida de la capacidad de consumo de oxígeno de la materia inorgánica y orgánica presente en el agua o aguas residuales. Se expresa como la cantidad de oxígeno consumida por un oxidante químico en una prueba específica. No hace diferencias entre materia orgánica estable o inestable y por lo tanto no necesariamente interfiere con la demanda bioquímica de oxígeno. (MINAM, 2017).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno:**

Índice de contaminación del agua que representa el contenido de sustancias bioquímicamente degradables en el agua. Es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para oxidar la materia orgánica; generalmente se mide en miligramos por litros. (MINAM, 2017).

**Desequilibrio ecológico:**

La alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el medio ambiente, que afectan negativamente la existencia, transformación del hombre y demás seres vivos. (MINAM, 2017).

**Biomasa (Biomass):**

Peso vivo (en general, peso seco) de la totalidad de los organismos de una zona o hábitat. A veces se expresa como el peso por unidad de superficie de terreno o por unidad de volumen de agua. (MINAM, 2017).

**Ambiente:**

Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia (Guía de Ecoeficiencia para el Sector Público 2016).

**Biodegradable:**

Capacidad de una materia de ser asimilada por el ecosistema bajo condiciones naturales al ser descompuesta por microorganismos, en un tiempo relativamente corto. Aplica tanto a materiales orgánicos como inorgánicos. (MINAM, 2017).

**Calidad Ambiental:**

Condición de equilibrio natural que describe el conjunto de procesos geoquímicos, biológicos y físicos, y sus diversas y complejas interacciones, que tienen lugar a través del tiempo, en un determinado espacio geográfico. La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas. (MINAM, 2017).

**Contaminación ambiental.**

Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. (MINAM, 2017).

**Contaminante ambiental:**

Toda materia o energía que al incorporarse o actuar en el ambiente degrada o altera su calidad a niveles no adecuados para la salud y el bienestar humano y/o ponen en peligro los ecosistemas. (MINAM, 2017).

**Efluente:**

Descarga directa de aguas residuales que son descargadas al ambiente, cuya concentración de sustancias contaminantes es medida a través de los Límites Máximos Permisibles (LMP). (MINAM, 2017).

**Estándar de Calidad Ambiental (ECA):**

Estándar ambiental que regula el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. (MINAM, 2017).

**Límite Máximo Permisible (LMP):**

Instrumento de gestión ambiental que regula la concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2017).

**Monitoreo:**

Es un proceso que consiste en efectuar un seguimiento y análisis de los indicadores físico, químico y biológico, entre otros indicadores establecidos en el reglamento y de riesgos para la adecuada distribución de agua (H<sub>2</sub>O). (DIGESA, 2008).

**Nutriente**

Cualquier sustancia que promueve el crecimiento de organismos vivos. El término es generalmente aplicado para el nitrógeno y el fósforo en aguas residuales, pero es también aplicado a otros elementos esenciales y elementos traza. (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2018).

**Organismo de Evaluación y fiscalización Ambiental (OEFA):**

Es un organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, que constituye un pliego presupuestal. Se encuentra adscrito al MINAM y se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de los incentivos. (MINAM, 2016).

**pH**

El valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente. Es medido en una escala desde 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indica que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica. (OMS,2006)

### **Pre-tratamiento**

Proceso utilizado para reducir o eliminar los contaminantes de las aguas residuales antes de que sean descargadas. (Pimental,2017)

### **Sedimentación**

Asentamiento de partículas sólidas en un sistema líquido debido a la gravedad. (MINAM,2016)

### **Toma de muestra:**

La toma de muestra es el conjunto de procedimientos destinados a obtener una parte representativa cuantitativamente a partir de un todo. Se recomienda tomar muestras, al menos una vez, y analizarlas para determinar si son aptas para el consumo (OMS, 2006).

## **2.4. Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

H0= No fue eficiente el uso *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales porcinas, en la Agropecuaria Lock, Distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021

HA= Fue eficiente *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la remoción de materia orgánica de las aguas residuales porcinas, en la Agropecuaria Lock, Distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Se determino la disminución de DBO, mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021
- b) Se determino la disminución de DQO, mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021
- c) Se determino la categoría del ECA: D.S. N° 004-2017-MINAM, apta para las concentraciones de DBO y DQO mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en la agropecuaria Lock en el distrito de Chancay, Provincia de Huaral-2021.

## CAPITULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño Metodológico

No experimental, ya que en esta investigación no se manipulará ningún variable.

#### 3.1.1. Ubicación

La agropecuaria Lock se encuentra ubicado sector El Hatillo, altura de la panamericana norte Km 102,7 carretera rio seco- Sayán Km 2,5 margen Derecho Loma Barba, en el distrito de Chancay, provincia de Huaral, departamento de Lima.

Cuyas coordenadas en UTM: E 252422,04 y N 8720329,05

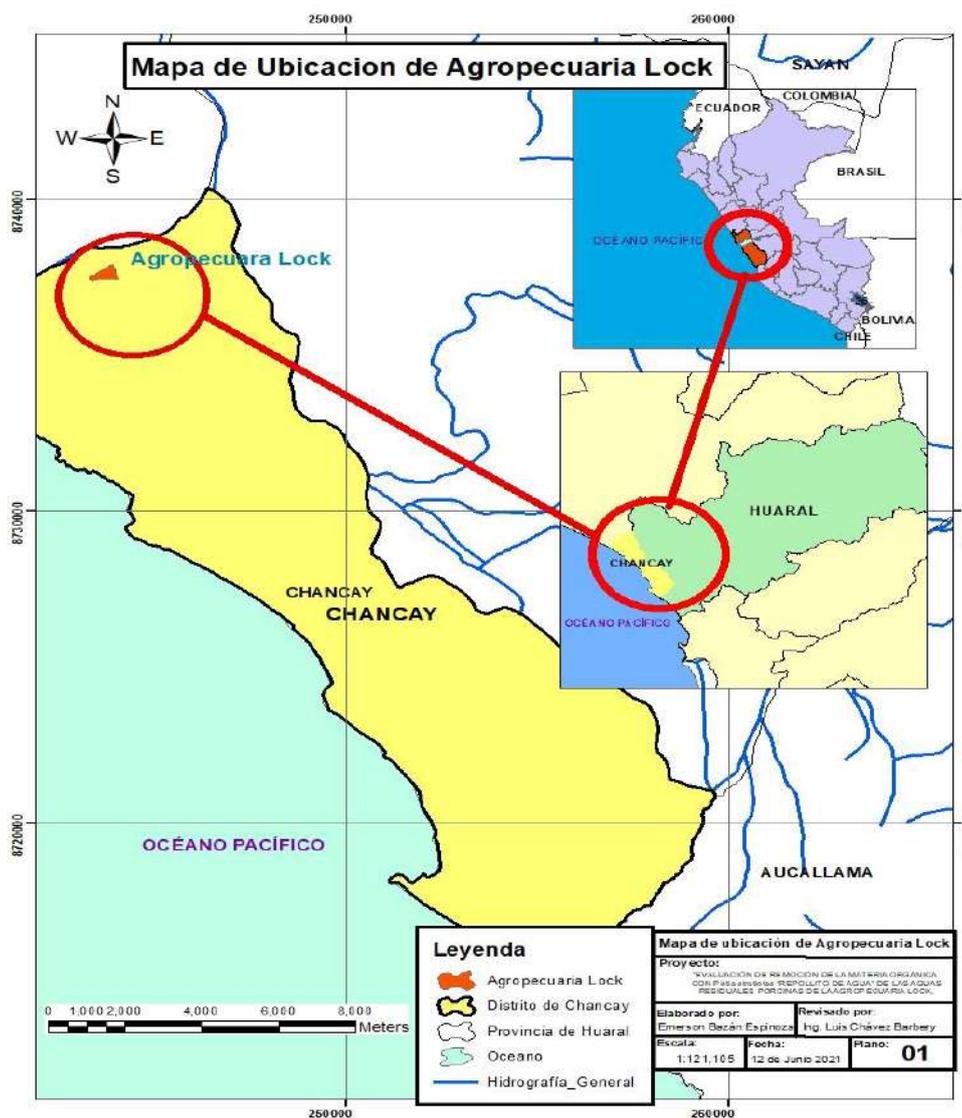


Figura 3. Mapa de ubicación de Agropecuaria Lock

Fuente: Google Earth Pro.

### 3.1.2. Materiales e insumos

Tabla 2  
*Materiales e insumos*

Descripción	Cantidad	Unidad
<b>Materiales:</b>		
Tanque de acrílica	1	Und.
Mesa	1	Und.
Etiquetas para la rotulación	6	Und.
Cuadernos de apunte	1	Und.
Guantes descartables	10	Und.
Vaso precipitado	1	Und.
Balde transparente de 20 L	1	Und.
Inflador manual	1	Und.
<b>Insumos:</b>		
Agua destilada	1	Und.
Planta <i>Pistia stratiotes</i> “repollo de agua”	500	g
Agua residual porcina	20	L
<b>Equipos:</b>		
Laptop hacer Core i5	1	Und.
Medidor portátil y profesional de pH, Conductividad Eléctrica y Temperatura.	1	Und.
GPS Garmin	1	Und.
Cámara fotográfica de alta resolución	1	Und.

Fuente: Autoría propio

### 3.1.3. Diseño experimental

El presente trabajo de investigación, es de tipo cuantitativo no experimental, donde se determinó la cantidad de reducción de la concentración de Demanda bioquímica de oxígeno y Demanda química de oxígeno (DBO y DQO) y también tuvo enfoque aplicativo donde se determinó el porcentaje de remoción de los parámetros.

La experimentación se desarrolló en un tanque rectangular, de las siguientes mediciones: 25cm de ancho, 45cm de largo y 25cm de altura, donde se insertó agua residual porcina y se colocó planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua” (las más jóvenes), para reducir o eliminar los contaminantes de agua residual porcina de la agropecuaria Lock.

El tiempo de retención de agua residual en el sistema es de 21 días, evaluando dos veces (pre muestra y post muestra) para determinar la remoción de materia orgánica (DBO, DQO), la muestra se le envió a laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L. acreditado por el organismo de acreditación INACAL – DA con registro N° LE – 096, con la finalidad de determinar la actuación de la planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua” en un intervalo de tiempo.

#### 3.1.4. Tratamientos

El tratamiento de agua residual porcina de 20 litros de agropecuaria Lock, consiste en la utilización de planta acuática flotante *Pistia stratiotes* “repollo de agua” de 400 gr sin pre tratamiento.

Tabla 3

*Proceso empleado para tratamiento de agua residual porcina*

Tratamiento	Especie	Cantidad de Especie(gr)	Cantidad de agua(L)
	<i>Pistia</i>		
TK	<i>stratiotes</i> “repollo de agua”	400	20

Fuente: Autoría propio

#### 3.1.5. Variables a evaluar

##### Variable independiente:

Agua residual porcina de tanque de 20L

##### Variable dependiente:

Reducción de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

#### 3.1.6. Conducción del experimento

Para la conducción del experimento de agua residual porcina de la agropecuaria Lock, se procedió de la siguiente manera.

1. Se elaboro el sistema (tanques), para la capacidad 28,125 litros de agua.

2. Se realizo acondicionamiento del ambiente (limpieza, mantenimiento, etc.) donde se desarrolló el experimento.
3. Se lavo de los materiales de recolección de muestra de agua residual porcina con agua destilada para no alterar las muestras.
4. Se recolecto de agua residual porcina de la descarga de efluente y trasportado al ambiente del experimento.
5. Se realizo lavado de los materiales de recolección de especie *Pistia stratiotes* “repollo de agua”.
6. Se trasplanto de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” de los cascajos de santa rosa-Chancay y trasportado lugar de experimento.
7. Se lleno de agua residual porcina, al sistema de tratamiento de 20 litros.
8. Se peso y se introdujo de *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, de 500 gr al sistema de tratamiento.
9. Se tomo la muestra para los parámetros (DBO y DQO) antes de tratamiento, y se siguió los requisitos para ensayos de muestras ambientales.
  - Para DBO: Se utilizo envase plástico de 1 Litro de volumen, donde se llenó completamente, sin dejar burbujas, el acondicionamiento fue a una temperatura de  $\leq 6^{\circ}\text{C}$  para lo cual se utilizó gel pack y el tiempo fue de menos de 48 horas.
  - Para DQO: Se utilizó envase de plástico de 100 mililitros de volumen, para la preservación de la muestra se adiciono 10 gotas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1:1,  $\text{pH} < 2$ , para acondicionamiento de temperatura se utilizó gel pack a una temperatura de  $\leq 6^{\circ}\text{C}$  y el tiempo fue menos de 28 días.
  - Las muestras fueron transportados a laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L, acreditado por INACAL.
10. Durante el experimento cada muestra se analizó los parámetros como la temperatura, pH y conductividad eléctrica.
11. El trabajo de experimento se desarrolló en 21 días, para lo cual se tomó como referencia a Solano (2019), en su investigación “Comparación de la eficiencia de *Pistia stratiotes* y *Azolla filiculoides* para mejorar la calidad del agua residual del dren 4000”, concluye que día 21 el tratamiento más óptimo para la remoción de la especie acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua”.

12. Durante el experimento, a medida que pasaba el tiempo se pudo observar cambios de color del agua es más trasparente y olor menos impactante al de inicio del tratamiento.

### **3.2. Población y muestra**

#### **3.2.1. Muestra**

Esta investigación es no probabilística, puesto que se seleccionó el lugar por la conveniencia, para el experimento se recolecto de un solo punto de la descarga de efluente, agua residual porcina de la agropecuaria Lock, volumen de 20 Litros.

### **3.3. Técnicas de recolección de datos**

Para esta investigación se tomó los antecedentes que se ha desarrollado como nacional donde han desarrollado las investigaciones para descontaminar las aguas residuales con la planta acuática *Pistia stratiotes*, que tiene un gran potencial.

También para la recolección de datos tubo técnicas observacionales todo planificado, evaluando los siguientes parámetros en el área de experimento (pH, Conductividad eléctrica y temperatura), para el análisis de siguientes parámetros (Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de oxígeno) se envió al laboratorio.

La investigación comprendida las siguientes fases:

**a) Fase I. Elaboración de sistemas de tratamiento (Taques).**

Se diseño el tanque con las medidas de 25cmx45cmx25cm

**b) Fase II. Acondicionamiento del área de experimento.**

Se realizo la limpieza del área del experimento

**c) Fase III. Recolección de *Pistia stratiotes*.**

La planta acuática *Pistia stratiotes* (repollo de agua) se recolecto exactamente de los cascajos de santa rosa- Chancay.

**d) Fase IV. Recolección de agua residual porcina.**

Se recolecto en un solo punto de efluente de agua residual porcina de agropecuaria Lock, de 20 litros, y se trasladó al área de experimento.

**e) Fase V. Lavado y pesado de *Pistia stratiotes*.**

Después de la recolección se limpió y se lavó con agua destilada para no alterar y se procedió al pesado que es de 400gr para esta investigación.

**f) Fase VI. Introducción de *Pistia stratiotes* al sistema**

Se introdujo las plantas acuáticas *Pistia stratiotes* “repollo de agua” debidamente ya pesado al sistema de tratamiento de agua residual porcina.

**g) Fase VII. Parámetros a evaluar en el área de experimento**

Se evaluó los siguientes parámetros con el multiparámetro:

- ✓ pH
- ✓ Temperatura
- ✓ Conductividad eléctrica

**h) Fase VIII. Análisis de remoción de materia orgánica.**

Se llevó al laboratorio ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L para analizar la Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, para obtener los resultados de remoción de materia orgánica.

**i) Fase IV. Informe final**

Con todos los resultados obtenidos se procedió redactar a procesar los resultados de esta investigación.

### **3.4. Técnicas para el procesamiento de la información**

Para realizar se analizó e interpreto los datos obtenidos en la investigación, y fueron procesados mediante el programa de Excel (gráficos, tablas, porcentajes, etc.), la remoción de materia orgánica medido mediante Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno, con planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua”.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis del resultado

Tabla 4

*Resultado de la calidad de agua residual porcina antes de tratamiento con Pistia stratiotes.*

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDADES
pH	7,95	H+
Conductividad eléctrica	2745	μS/cm
Temperatura	19,05	°C
Demanda química de oxígeno (DQO)	3123,5	mg/L
Demanda bioquímica oxígeno (DBO)	1750,8	mg/L

Fuente: Autoría propio

Tabla 5

*Variación de pH*

PARÁMETRO	TIEMPO	RESULTADO	UNIDAD
pH	0 días	7,95	H+
	7 días	7,99	H+
	14 días	7,96	H+
	21 días	7,87	H+

Fuente: Autoría propio

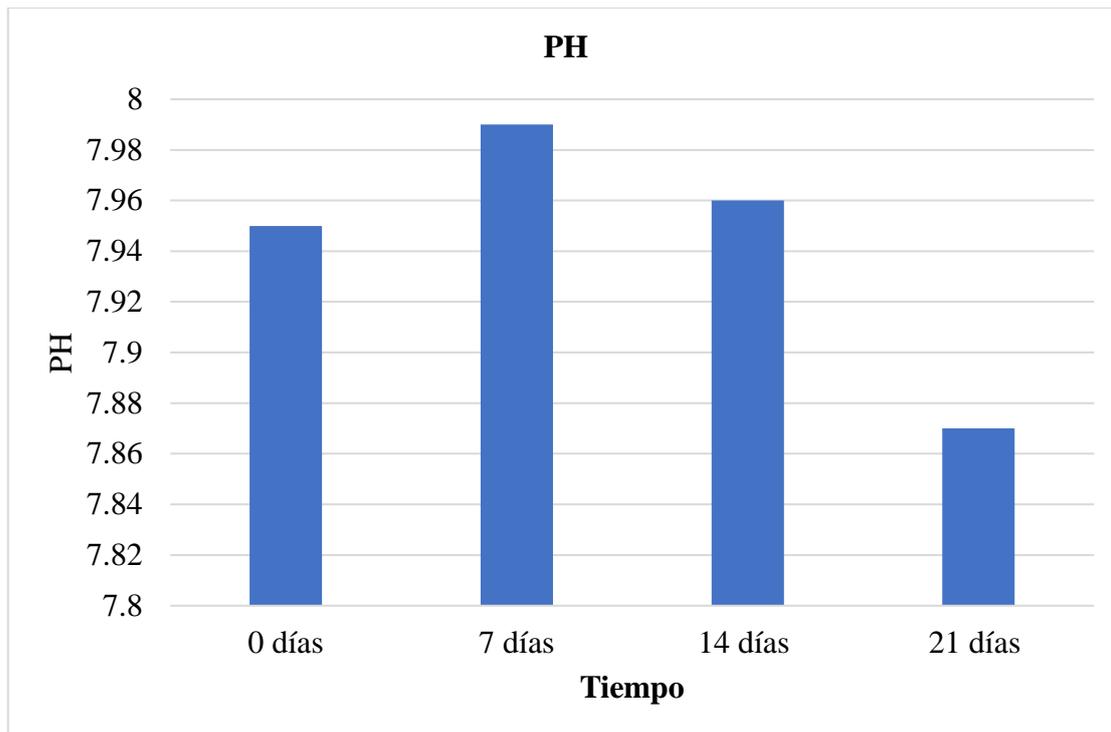


Figura 4. Variación de pH de planta acuática en función a tiempo

**Interpretación:** La figura N° 04 nos muestra la variación de pH, en 7 días bajo a 7,95 y en 14 días 7,99 al final de experimento en 21 días es de 7,96 donde el pH oscila de 7,95 a 7. 99 para planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, donde el pH no hay diferencia en la variación y también es neutro según la escala de pH.

Tabla 6  
Variación de temperatura

PARÁMETRO	TIEMPO	RESULTADO	UNIDAD
<b>Temperatura</b>	0 días	19,05	°C
	7 días	17,95	°C
	14 días	16,83	°C
	21 días	17,42	°C

Fuente: Autoría propio

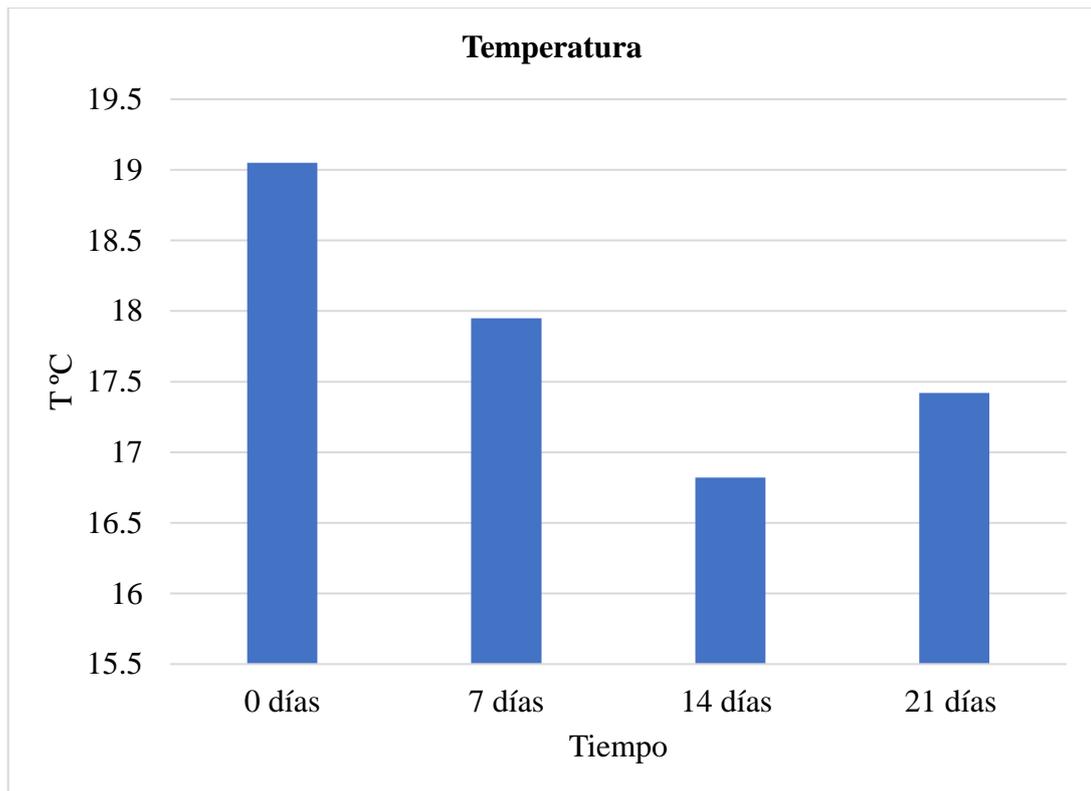


Figura 5. Variación de temperatura en función de tiempo.

**Interpretación:** La figura N° 05 nos muestra la variación de tiempo de temperatura va desde 19.05 °C no hay mucha variación encontrándose en 7 días aumento lo más alto *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, la variación no se diferencia de 0 a 7 días.

Tabla 7

*Variación de conductividad eléctrica*

PARÁMETRO	TIEMPO	RESULTADO	UNIDAD
<b>Conductividad eléctrica</b>	0 días	2645	μS/cm
	7 días	2965	μS/cm
	14 días	2723	μS/cm
	21 días	2733	μS/cm

Fuente: Autoría propio

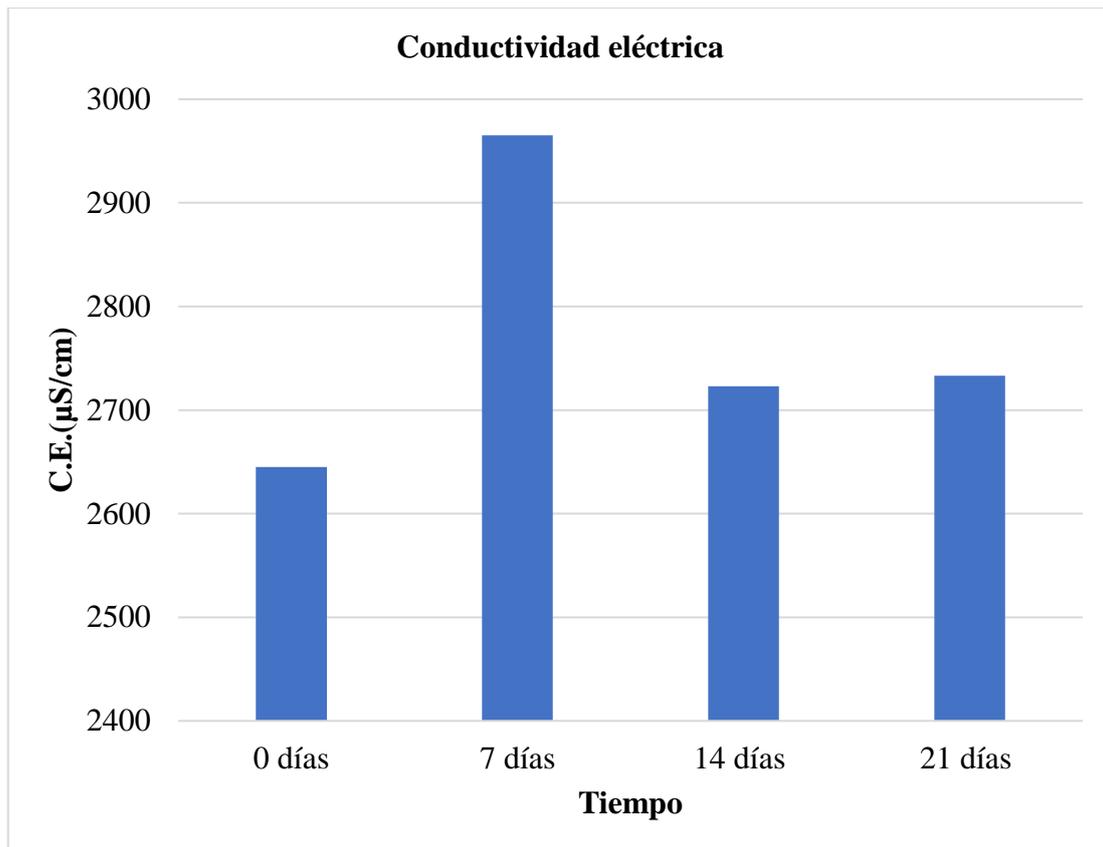


Figura 6. Variación de conductividad eléctrica en función de tiempo

**Interpretación:** en la figura N° 06 es la variación de conductividad eléctrica va desde 2645 µS/cm a 2965 µS/cm, siendo eficiente de 21 días con *Pistia stratiotes* “repollo de agua”.

Tabla 8

*Comparación la acción de Pistia stratiotes con ECA.*

Parámetros	Antes	Después	ECA	Porcentaje de remoción	Variación porcentual
DBO	1750,8	134,8	15	7,70	92,30
DQO	3123,5	441,4	40	14,13	85,87

Fuente: Autoría propio.

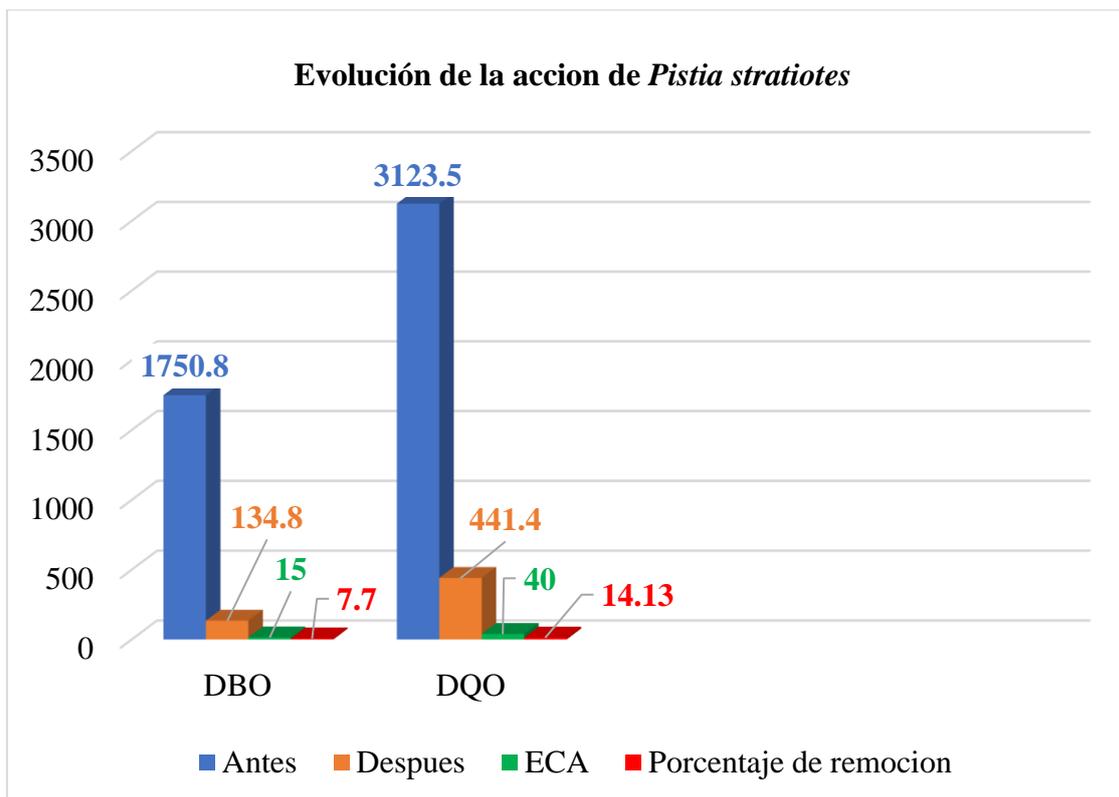


Figura 7. Evolución de la acción de la *Pistia stratiotes* durante de 21 días.

**Interpretación:** Se demuestra la evolución de la acción de la *Pistia stratiotes* “repollo de agua” durante de 21 días de observación, donde se demuestra que al final de 21 días tiene un efecto positivo en la remoción de DBO y DQO.

Tabla 9

*Resultado de la calidad de agua residual porcina después de tratamiento con Pistia stratiotes.*

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDADES
pH	7,87	H+
Conductividad eléctrica	2733	uS/cm
Temperatura	17,42	°C
Demanda química de oxígeno (DQO)	441,4	mg/L
Demanda bioquímica oxígeno (DBO)	134,8	mg/L

Fuente: Autoría propio

## CAPITULO V. DISCUSIONES

La planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, se adaptó con facilidad al medio donde se desarrolló el experimento, la remoción fue eficiente para el caso Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), en 21 días se redujo al 7,7 % de porcentaje de remoción y la variación porcentual tuvo el 92,3 %, es idéntico a lo encontrado por Solano (2019), obtuvo en 21 días 88.03% determinado tiempo igual.

Para el caso de Demanda Química de oxígeno (DQO) la remoción fue eficiente para 21 días se obtuvo la variación porcentual es de 85.87%, donde asemeja a Akinbile y Yusoff (2017), que desarrollo su investigación en 30 días obtuvo de 93,69% y en el caso de (Solano, 2019), obtuvo de 78,40%.

Los resultados de esta investigación corroboran también con de Chang y Huamán (2019), donde investigo dos plantas acuáticas, *Pistia stratiotes* es más eficiente en la remoción a diferencia de *Eichhornia Crassipes*, donde para el caso de Demanda Química de Oxígeno (DQO) variación porcentual es de 73,7%, para el caso de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) el porcentaje de remoción es de 79,8%.

El tratamiento de aguas residuales con *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, es eficiente según la investigación de Ramírez y Paredes (2019), demostró que la planta acuática tiene un porcentaje de 81,008% para los parámetros químicos y también afirma es muy eficiente de remoción para la materia orgánica en las aguas residuales domésticas lo cual coincide con el presente trabajo, en esta investigación es muy eficiente para la remoción de materia orgánica de las aguas residuales porcinas.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- La remoción de materia orgánica en las aguas residuales porcinas en la agropecuaria Lock, es eficiente aplicando planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, como se pudo observar el agua residual su color fue más claro y olor menos impactante de lo que fue antes de inicio de tratamiento.
- El agua residual porcina tratada con *Pistia stratiotes* “repollo de agua” demuestra muy eficiente donde la disminución de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) variación porcentual de 92,30%.
- También se concluye mediante la aplicación de *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, es eficiente para caso de Demanda Química de Oxígeno (DQO), donde la disminución con una variación porcentual de 85,87 %.
- Se concluye agua residual porcina tratada con *Pistia stratiotes* “repollo de agua” al comparar con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes para vertidos a cuerpos de aguas donde cumple, así mismo se comparó con Estándar de Calidad Ambiental (ECA), para la categoría 3: para riego de vegetales y bebida de animales, según el D.S. N° 004-2017-MINAM, pero tanto DBO y DQO no cumplen con el establecido instrumento de gestión ambiental.

### 6.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa Agropecuaria Lock, utilizar *Pistia stratiotes* “repollo de agua”, para disminuir las concentraciones de los contaminantes que existe en el agua residual porcina, donde demuestra la disminución de concentración de DBO y también para DQO.
- Recomiendo se utiliza con la finalidad de esta planta acuática *Pistia stratiotes* “repollo de agua” sea utilizada en la remoción de materia orgánica puesto que demuestra gran eficiencia.
- Se recomienda utilizar la *Pistia stratiotes* “repollito de agua”, para tratamiento de aguas residuales es muy eficiente por capacidad de composición y estabilización diferentes contaminantes orgánicos y sobre todo acumular los metales pesados.
- Se recomienda utilizar *Pistia stratiotes* por su fácil accesibilidad y también adaptación a diferentes climas del ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akinbile, C. y Yusoff, M. (2017). Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture waste water treatment. *Phytoremediation*, 14(3), 201-211.
- Aranda, G. y Pinchi, X. (2020). *Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y repollo de agua (Pistia stratiotes) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila. – Morales- San Martin, 2019* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Unión, Tarapoto, Perú.
- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. (Ed. 6ta). Caracas. Venezuela: Editorial Episteme.
- Aurazo, M. (2010). *Aspectos biológicos de la calidad del agua*. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/dos.pdf>
- Castillo, E., Bolio, A., Méndez, R., Osorio, J. y Pat, R. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. *Ingeniería*, 16(2), 83-91
- Chang., K. y Huamán, C. (2019). *Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante las macrófitas Eichhornia Crassipes y Pistia Stratiotes, plantas típicas de la Selva Peruana*. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/48017573.pdf>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2008). *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-(CONTINENTALES).pdf)
- Galal, T., Eid, E., Dakhil, M. y Hassan, L. (2018). Bioaccumulation and rhizofiltration potential of *Pistia stratiotes* L. for mitigating water pollution in the Egyptian wetlands. *International Journal of Phytoremediation* 23(11), 1132-1144. <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1365343>

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México, México: The McGraw-Hill.
- Martínez, S., Toro, Rojas., Giraldo, J. y Ángel, M. (2015). *Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas*. Recuperado de: <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/Fitorremediacion%20con%20humedales%20artificiales%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20porcinas.pdf>
- Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras* (tesis de maestría). Recuperado de [https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-05-12\\_10-37-03134390.pdf](https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-05-12_10-37-03134390.pdf)
- Mendoza, M. (1996). *Impacto del uso de la tierra, en la calidad del agua de la microcuenca Río Sabalos, Cuenca del Río San Juan, Nicaragua* (tesis de pregrado). CATIE, Costa Rica.
- Ministerio de Desarrollo Económico. (1999). *Control de la Calidad del Agua*. Recuperado de [https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/index.html#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/index.html#)
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Guía de Ecoeficiencia para Instituciones públicas, 2016*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-ecoeficiencia-instituciones-sector-publico-0>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Aguas residuales*. Recuperado de [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. (2013). *Afrontar la escasez de agua – un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Recuperado de <https://www.fao.org/publications/card/es/c/I3015S/>
- Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad de agua potable*. Recuperado de

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42187/9243545140-spa.pdf;sequence=1>

- Ramírez, K. y Paredes, M. (2019). *Evaluación de dos especies macrófitas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en la remoción de contaminantes microbiológicos y químicos a través de un sistema de biofiltro en aguas residuales domésticas, Tarapoto – 2018*. (tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Perú.
- Rojas, R. (2002). *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, Perú: OMS.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del Agua, evaluación y diagnóstico* (tesis de pregrado). Universidad de Medellín Bogotá, Colombia.
- Solano, C. (2019). *Comparación de la eficiencia de Pistia stratiotes y Azolla filiculoides para mejorar la calidad del agua residual del dren 4000* (tesis de pregrado). Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35251>
- Tuesca, R., Ávila, H., Sisa, A., y Pardo, D. (2015). *Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano*. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.
- Zimmels, Y., Kirzhner, F., & Malkovskaja, A. (2006). Application of Eichhornia crassipes and Pistia stratiotes for treatment of urban sewage in Israel. *Journal of Environmental Management*, 81(4), 420–428. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.11.014>

# **ANEXOS**

## ANEXO 01.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										I.: F-026-1-42 R.: 01 L.V.: 2020-Feb-13																																																																																																																																																																																		
<b>Datos del cliente</b> Razón Social: <b>EMERSON FALDI BAZAN ESPINOZA</b> Persona de contacto: <b>EMERSON FALDI BAZAN ESPINOZA</b> Correo / Teléfono: <b>faldibazanespinoza@gmail.com</b> Nombre del proyecto: <b>TRATAHIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>												Orden de servicio: <b>05-2021-3200</b> Pág. <b>1</b> de <b>1</b> Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: <b>CHANCAY - ILLARAL</b>																																																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Muestra</th> <th colspan="4">DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</th> <th colspan="8">PARAMETROS DE ENSAYO</th> <th colspan="2">PARAMETRO IN SITU</th> <th rowspan="2">OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <th>Punto de muestreo / Estación</th> <th>Código de laboratorio</th> <th>Muestreo</th> <th>Clasificación</th> <th>Ubicación</th> <th colspan="2">N° Frascos</th> <th colspan="2">DBO</th> <th colspan="2">DRO</th> <th>T° Mtra (°C)</th> <th>pH (valor de pH)</th> <th>CE (µS/cm)</th> <th>OD (mg/L)</th> <th>Cloro Libre (mg/L)</th> <th>Cloro Total (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>AR-01</td> <td>F: 07/07/21 H: 10:34</td> <td>AR INDUSTRIAL</td> <td>N: 8837485 E: 243339</td> <td>V: <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>P: <input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>														Muestra	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				PARAMETROS DE ENSAYO								PARAMETRO IN SITU		OBSERVACIONES	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frascos		DBO		DRO		T° Mtra (°C)	pH (valor de pH)	CE (µS/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	1	AR-01	F: 07/07/21 H: 10:34	AR INDUSTRIAL	N: 8837485 E: 243339	V: <input checked="" type="checkbox"/>	P: <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									2																		3																		4																		5																		6																		7																		8																	
Muestra	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				PARAMETROS DE ENSAYO								PARAMETRO IN SITU		OBSERVACIONES																																																																																																																																																																															
	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frascos		DBO		DRO		T° Mtra (°C)	pH (valor de pH)	CE (µS/cm)		OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)																																																																																																																																																																												
1	AR-01	F: 07/07/21 H: 10:34	AR INDUSTRIAL	N: 8837485 E: 243339	V: <input checked="" type="checkbox"/>	P: <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																					
2																																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																														
5																																																																																																																																																																																														
6																																																																																																																																																																																														
7																																																																																																																																																																																														
8																																																																																																																																																																																														
<b>Descripción de equipos utilizados:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Código interno del equipo</th> <th>Nombre de equipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	1			2			3			4			<b>Leyenda</b> F: Fecha N: Norte V: Vidrio T° Mtra: Temperatura de Muestra CE: Conductividad Eléctrica H: Hora E: Este P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxígeno Disuelto				<b>Leyenda</b> Muestreado por: <b>EMERSON BAZAN ESPINOZA</b> Cliente: Nombre: <b>EMERSON BAZAN ESPINOZA</b> Fecha: <b>07/07/21</b> Firma: <i>[Firma]</i>				<b>Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>GRUPO</th> <th>SUB GRUPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AR: Aguas Residuales</td> <td>SAR: RESIDUALES: BIOMASA - TIENE</td> </tr> <tr> <td>AR: Aguas Residuales</td> <td>OSAR: RESIDUALES: BIOMASA</td> </tr> <tr> <td>AR: Aguas para Uso y Consumo Humano</td> <td>PRCSA Y LAOANA ARTIFICIAL BEBIDA (Puede, Mesa, Emvasada)</td> </tr> <tr> <td>AS: Aguas Termales</td> <td>MAR - SALINIDAD - SALINIDAD AGUA INTERCOSTA Y REINTECOSTA</td> </tr> <tr> <td>AP: Aguas de Proceso</td> <td>CIRCULACION O ESPANTAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LAVADO AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION</td> </tr> </tbody> </table>				GRUPO	SUB GRUPO	AR: Aguas Residuales	SAR: RESIDUALES: BIOMASA - TIENE	AR: Aguas Residuales	OSAR: RESIDUALES: BIOMASA	AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	PRCSA Y LAOANA ARTIFICIAL BEBIDA (Puede, Mesa, Emvasada)	AS: Aguas Termales	MAR - SALINIDAD - SALINIDAD AGUA INTERCOSTA Y REINTECOSTA	AP: Aguas de Proceso	CIRCULACION O ESPANTAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LAVADO AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION																																																																																																																																																				
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo																																																																																																																																																																																												
1																																																																																																																																																																																														
2																																																																																																																																																																																														
3																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																														
GRUPO	SUB GRUPO																																																																																																																																																																																													
AR: Aguas Residuales	SAR: RESIDUALES: BIOMASA - TIENE																																																																																																																																																																																													
AR: Aguas Residuales	OSAR: RESIDUALES: BIOMASA																																																																																																																																																																																													
AR: Aguas para Uso y Consumo Humano	PRCSA Y LAOANA ARTIFICIAL BEBIDA (Puede, Mesa, Emvasada)																																																																																																																																																																																													
AS: Aguas Termales	MAR - SALINIDAD - SALINIDAD AGUA INTERCOSTA Y REINTECOSTA																																																																																																																																																																																													
AP: Aguas de Proceso	CIRCULACION O ESPANTAMIENTO - AGUA DE CALDERAS ALIMENTACION DE CALDERAS - AGUA DE LAVADO AGUA PURIFICADA - AGUA DE INYECCION Y REINYECCION																																																																																																																																																																																													
Observaciones / Comentarios				Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente																																																																																																																																																																																										

SEDE PRINCIPAL: Proyección Zanjilla Mz D2 lote 8 Bafalvich-Callao / SEDE GUARDIA CHALACA: Av Guardia Chalaca 1872 Bafalvich Callao  
 SEDE AREQUIPA: Urbanización Tahuayacu Mz C. L127, distrito de Sanchaca, Arequipa / SEDE PIURA: Urbanización Los Cerros Mz N. L1 20, distrito de Piura, Piura.  
 Web: www.alab.com.pe Email: ventas@alab.com.pe - TUC: 2000991904 - T: 01 4335309 Cel: 9617-0828 / 9427-45531 / 928-46458

CLIENTE

Figura 8. Cadena de custodia antes de experimento

## ANEXO 02.

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA										F: F06-142 R: 2020-Feb-13 LV:																																																																																																																																																																																
<b>Datos del cliente</b> Razón Social: <b>EMERSON TALDI BAZAN ESPINOZA</b> Persona de contacto: <b>EMERSON TALDI BAZAN ESPINOZA</b> Correo / Teléfono: <b>faldibazanespinoza@gmail.com</b> Nombre del proyecto: <b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>												Orden de servicio: <b>05-2021-3200</b> Pág. <b>1</b> de <b>1</b> Plan de Monitoreo: Informe de ensayo: Procedencia o lugar de muestreo: <b>CHANCAY INDUSTRIAL</b>																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Punto de muestreo / Estación</th> <th rowspan="2">Código de laboratorio</th> <th rowspan="2">Muestreo</th> <th colspan="2">Clasificación</th> <th colspan="2">Ubicación</th> <th colspan="2">N° Frascos</th> <th colspan="4">PARAMETROS DE ENSAYO</th> <th colspan="4">PARAMETRO IN SITU</th> <th rowspan="2">OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <th>Grupo</th> <th>Sub-grupo</th> <th>Coordenadas (UTM)</th> <th>V</th> <th>P</th> <th>DRO</th> <th>UBO</th> <th>T° Mtra (°C)</th> <th>pH (valor de pH)</th> <th>CE (valor de conductividad (µS/cm))</th> <th>OD (mg/L)</th> <th>Cloro Libre (mg/L)</th> <th>Cloro Total (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>AR-02</td> <td>F: 26/07/21 H: 09:32</td> <td>AR</td> <td>INDUSTRIAL</td> <td>N: 377715E E: 743339E</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td>2</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td>F: H:</td><td></td><td></td><td>N: E:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>														Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación		N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO				PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES	Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P	DRO	UBO	T° Mtra (°C)	pH (valor de pH)	CE (valor de conductividad (µS/cm))	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)	1	AR-02	F: 26/07/21 H: 09:32	AR	INDUSTRIAL	N: 377715E E: 743339E	✓	✓	✓										2		F: H:			N: E:													3		F: H:			N: E:													4		F: H:			N: E:													5		F: H:			N: E:													6		F: H:			N: E:													7		F: H:			N: E:													8		F: H:			N: E:												
Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación		Ubicación		N° Frascos		PARAMETROS DE ENSAYO				PARAMETRO IN SITU				OBSERVACIONES																																																																																																																																																																											
			Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V	P	DRO	UBO	T° Mtra (°C)	pH (valor de pH)	CE (valor de conductividad (µS/cm))	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)																																																																																																																																																																													
1	AR-02	F: 26/07/21 H: 09:32	AR	INDUSTRIAL	N: 377715E E: 743339E	✓	✓	✓																																																																																																																																																																																				
2		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
3		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
4		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
5		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
6		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
7		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
8		F: H:			N: E:																																																																																																																																																																																							
<b>Descripción de equipos utilizados:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Código interno del equipo</th> <th>Nombre de equipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	1			2			3			4			<b>Leyenda</b> F: Fecha N: Norte V: Vidrio T° Mtra: Temperatura de Muestra CE: Conductividad Eléctrica H: Hora E: Este P: Plástico T° Amb: Temperatura ambiente OD: Oxígeno Disuelto				<b>Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>GRUPO</th> <th>SUB-GRUPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AG: Aguas Residuales</td> <td>SUBTRATAMIENTO (Residuo "Puro")</td> </tr> <tr> <td>AG: Aguas Residuales</td> <td>DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL</td> </tr> <tr> <td>AG: Aguas para Uso y Consumo Humano</td> <td>REGINA Y LAGUNA ARTIFICIAL - MIBIO (Puro, Mesa, Emvasado)</td> </tr> <tr> <td>AG: Aguas Baños</td> <td>TRAT - CALIBRES - DE MUESTRA - AGUA INFECCION Y REMITECCION</td> </tr> <tr> <td>AG: Aguas de Proceso</td> <td>CIRCULACION DEBARRIENDO - AGUA DE CALIBRES ALIMENTACION DE CALIBRES - AGUA DE LAVACION - AGUA PURIFICADA - AGUA DE INFECCION Y REMITECCION</td> </tr> </tbody> </table>							GRUPO	SUB-GRUPO	AG: Aguas Residuales	SUBTRATAMIENTO (Residuo "Puro")	AG: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL	AG: Aguas para Uso y Consumo Humano	REGINA Y LAGUNA ARTIFICIAL - MIBIO (Puro, Mesa, Emvasado)	AG: Aguas Baños	TRAT - CALIBRES - DE MUESTRA - AGUA INFECCION Y REMITECCION	AG: Aguas de Proceso	CIRCULACION DEBARRIENDO - AGUA DE CALIBRES ALIMENTACION DE CALIBRES - AGUA DE LAVACION - AGUA PURIFICADA - AGUA DE INFECCION Y REMITECCION																																																																																																																																																				
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo																																																																																																																																																																																										
1																																																																																																																																																																																												
2																																																																																																																																																																																												
3																																																																																																																																																																																												
4																																																																																																																																																																																												
GRUPO	SUB-GRUPO																																																																																																																																																																																											
AG: Aguas Residuales	SUBTRATAMIENTO (Residuo "Puro")																																																																																																																																																																																											
AG: Aguas Residuales	DOMESTICA - INDUSTRIAL - MUNICIPAL																																																																																																																																																																																											
AG: Aguas para Uso y Consumo Humano	REGINA Y LAGUNA ARTIFICIAL - MIBIO (Puro, Mesa, Emvasado)																																																																																																																																																																																											
AG: Aguas Baños	TRAT - CALIBRES - DE MUESTRA - AGUA INFECCION Y REMITECCION																																																																																																																																																																																											
AG: Aguas de Proceso	CIRCULACION DEBARRIENDO - AGUA DE CALIBRES ALIMENTACION DE CALIBRES - AGUA DE LAVACION - AGUA PURIFICADA - AGUA DE INFECCION Y REMITECCION																																																																																																																																																																																											
<b>Observaciones / Comentarios</b> 			Muestrado por: <b>EMERSON TALDI BAZAN ESPINOZA</b> Cliente: Nombre: <b>EMERSON TALDI BAZAN ESPINOZA</b> Fecha: <b>26/07/2021</b> Firma: <i>[Firma]</i>				Muestreado por: <input type="checkbox"/> ALAB <input checked="" type="checkbox"/> Cliente <div style="text-align: center;">  </div>																																																																																																																																																																																					

SEDE PRINCIPAL: Prologación Zarumilla N° 02 lote 3 Belavista-Callao / SEDE GUARDIA CHALACA: Av. Guardia Chilena 1977 Belavista Callao  
 SEDE AREQUIPA: Urbanización Talayuzayán M. C. L1 27, distrito de Sachaca, Arequipa / SEDE PIURA: Urbanización Los Corales N° N. L1 25, distrito de Piura, Piura.  
 Web: www.alab.com.pe Email: ventas@alab.com.pe - RUC: 2068091901 - IT: 01 4531389 Cel: 9617-69826 / 9421-43531/ 8326-44458

CLIENTE

Figura 9. Cadena de custodia después de experimento

## ANEXO 03.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7756

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL	: EMERSON FALDÍ BAZÁN ESPINOZA
2.-DIRECCIÓN	: Asociación vivienda José Olays MZ B Lt 09 _ Huaral
3.-PROYECTO	: TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
4.-PROCEDENCIA	: CHANCAY - HUARAL
5.-SOLICITANTE	: EMERSON FALDÍ BAZÁN ESPINOZA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000003200-2021-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2021-07-16

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2021-07-07
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2021-07-07 al 2021-07-16

**Gaby Moreno Muñoz**  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 191207

**Marco Valencia Huerta**  
Ingeniero Químico  
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Figura 10. Resultados de la DBO y DQO antes de tratamiento.

## ANEXO 04.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7756

#### III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method

<sup>(1)</sup>SMEWW : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(2)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

## ANEXO 05.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-7756

#### IV. RESULTADOS

ITEM				1
CODIGO DE LABORATORIO:				M-21-26848
CODIGO DEL CLIENTE:				AR-01
COORDENADAS:				E:0243339
UTM WGS 84:				N:8737485
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO:				07-07-2021 10:34
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	1 750,8
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	3 123,5

(\*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Limite de cuantificación del método, ">"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Limite de detección del método, ">"= Menor que el L.D.M.

\*): No ensayado

NA: No Aplica

#### V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

## ANEXO 06.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-8905

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZÓN SOCIAL : EMERSON FALDI BAZÁN ESPINOZA  
2.-DIRECCIÓN : Asociación vivienda José Olaya MZ B Lt 09 \_ Huaral  
3.-PROYECTO : TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
4.-PROCEDENCIA : CHANGAY - HHUARAL  
5.-SOLICITANTE : EMERSON FALDI BAZÁN ESPINOZA  
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000003200-2021-0000  
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA  
8.-MUESTREO POR : EL CLIENTE  
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-08-10

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRÓDUCTO : Agua  
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1  
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-07-26  
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-07-26 al 2021-08-10

  
Gaby Moreno Muñoz  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 151207

  
Marco Valencia Huerta  
Ingeniero Químico  
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Figura 11. Resultados de la DBO y DQO después de tratamiento.

## ANEXO 07.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-8905

#### III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TITULO
Demanda Bioquímica de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23 rd Ed. 2017	Biochemical Oxygen Demand (BOD), 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno <sup>(1)</sup>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23 rd Ed. 2017	Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method

<sup>(1)</sup> "SMEWW" : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

<sup>(1)</sup> Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

## ANEXO 08.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-8905

#### IV. RESULTADOS

ITEM				1
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-21-31376
CÓDIGO DEL CLIENTE:				AR-02
COORDENADAS:				E:0243339
UTM WGS 84:				N:8737485
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				26-07-2021 09:32
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Demanda Bioquímica de Oxígeno (*)	mg BOD5/L	0,4	2,0	134,8
Demanda Química de Oxígeno (*)	(mg O2/L)	2,0	5,0	441,4

□ Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

\*: No ensayado

NA: No Aplica

#### V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

## ANEXO 09.

# Certificado



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad

Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

## **ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

Laboratorio de Ensayo

Prolongación Zarumilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma

**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019

Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación  
N°025-16/INACAL-DA  
Registro N° : LE-096

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

*El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.*

*La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).*

DA-aci-01P-02M Ver. 02

DB-LAB-06  
DNC-Fuera del alcance de actualización

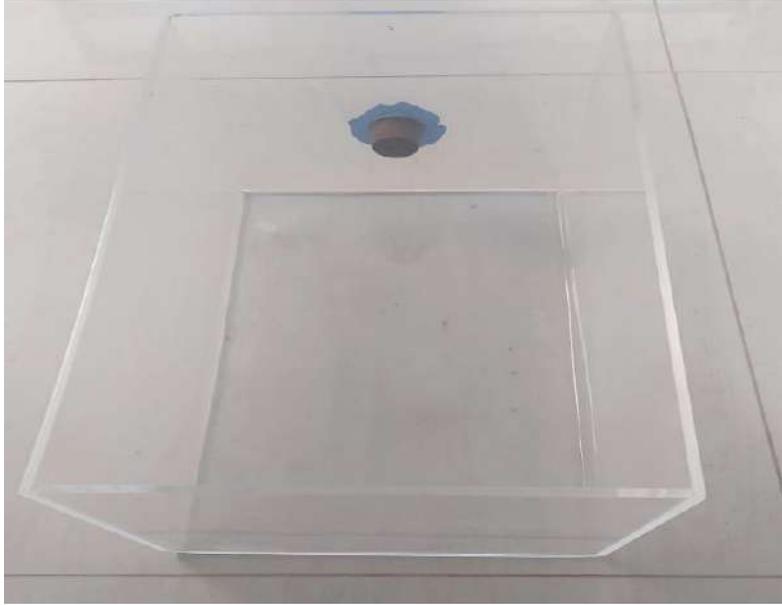


Figura 12. Sistema donde se desarrolló tratamiento de agua residual porcina



Figura 13. Trasplante de *Pistia stratiotes* “repollo de agua” de los humedales de santa rosa- Chancay



Figura 14. pesado de *Pistia stratiotes* “repollo de agua”



Figura 15. Medición de pH, conductividad eléctrica y temperatura antes de tratamiento.



Figura 16. Medición de pH, conductividad eléctrica y temperatura después de tratamiento.



Figura 17. Cooler para guardar las muestras envió a laboratorio Alab



*Figura 18. Muestras antes y después de tratamiento de agua residual porcina, con Pistia stratiotes.*