UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

USO DE LA MACROFITA *Eichhornia Crassipes* PROVENIENTE DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO POR EL MÉTODO DE REACTOR BATCH, UCAYALI 2024

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

GREASSY CAROLINA PADILLA MOZOMBITE

Pucallpa, Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 245/2025-CGyT-UNU.

En la ciudad de Pucallpa, siendo a las 09:35 am del día Viernes 24 de Octubre del 2025, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, siendo designados con Memo Múltiple N° 055-2025-UNU-FCFyA-CGyT, Conformado por:

Dr. Gabriel Mercado Jauregui	Presidente
M.Sc. Tedy Tuesta Torrejon	Miembro
M.Sc. Letty Leonor Sandoval Mendoza	Miembro

Se procedió a la evaluación de sustentación de la tesis denominado: "**USO DE LA MACROFITA *Eichhornia Crassipes* PROVENIENTE DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS POR EL MÉTODO DE REACTOR BATCH, UCAYALI 2024**", Presentado por la Bach. **GREASSY CAROLINA PADILLA MOZOMBITE**, asesorado por la M.Sc. Jenny Paola Zeña Rubio. Habiendo culminado la sustentación por el bachiller, se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador las cuales fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA** por **UNANIMIDAD** recomendando levantar las observaciones indicadas, quedando expedito por otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL.** siendo las 10:30 am del mismo día, se da por culminado el acto académico, firmado los jurados en señal de conformidad.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui
Presidente

M.Sc. Tedy Tuesta Torrejon
Miembro

M.Sc. Letty Leonor Sandoval Mendoza
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

En esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Dr. Gabriel Mercado Jauregui — Presidente

Msc. Tedy Tuesta Torrejon — Miembro

Msc. Letty Leonor Sandoval Mendoza — Miembro

Msc. Jenny Paola Zeña Rubio — Asesora

Bach. Greassy Carolina Padilla Mozombite — Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/109-2025.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"USO DE LA MACROFITA EICHHORNIA CRASSIPES PROVENIENTE DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA ELABORACION DE ABONOS ORGANICOS POR EL METODO DE REACTOR BATCH, UCAYALI 2024"

Autor(es)	:	**PADILLA MOZOMBITE, GREASSY CAROLINA**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. AMBIENTAL**
Asesor(a)	:	**M.Sc. ZEÑA RUBIO JENNY PAOLA**

Presenta un **porcentaje de similitud de 3%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 26/02/2025

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, GREAGGY CAROLINA PADILLA MOZOMBITE

Autor de la tesis titulada : USO DE LA MACROFITA eichhornia Crassipes PROVENIENTE DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ELABORACION DE ABONO ORGÁNICO POR EL MÉTODO DE REACTOR BATCH, UCAYALI 2024

Sustentada el año: 2025

Asesor(a): Msc. JENNY PAOLA REÑA RUBIO

Facultad: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERIA AMBIENTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 19 / 01 / 2026

Email: greaggy.padilla.6@gmail.com Firma:

Teléfono: 931126076 DNI: 73345212

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme a nunca rendirme. A mis amigos, por su paciencia y aliento, siempre presentes en cada paso de este camino. A todos los que contribuyeron a este proyecto, por sus ideas, guía y confianza.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi asesora por su invaluable orientación y apoyo durante todo el proceso de investigación. A mis compañeros de trabajo y amigos por su colaboración y por ofrecerme siempre su ayuda y aliento. A mi familia, por su amor, paciencia y comprensión, que me brindaron fuerzas en los momentos más difíciles.

ÍNDICE GENERAL

Pag.

DEDICATORIA..... vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL.....viii

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURAS xiii

RESUMEN xv

ABSTRACT xvi

INTRODUCCIÓN xvii

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 19

1.1.Descripción del problema.....19

1.2.Formulación del problema.....20

1.2.1.Problema general.....20

1.2.2.Problemas específicos 21

1.3.Objetivos de la investigación.....21

1.3.1. Objetivo General 21

1.3.2. Objetivos Específicos 21

CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....22

2.1.ANTECEDENTES 22

2.1.1.Antecedentes Internacionales 22

2.1.3.Antecedentes Locales 27

2.2.PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA 28

2.2.1.Macrofitas 28

2.2.2.Abonos 32

2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 39

CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....40

3.1.UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 40

3.2.MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN 40

3.2.1.Tipo de investigación.....40

3.2.2.Diseño de la investigación.....41

3.3.POBLACIÓN Y MUESTRA 41

3.3.1. POBLACIÒN.....41

3.3.2. MUESTRA 41

3.4.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....42

3.4.1. Técnicas 42

3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....48

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 49

4.1. Características físico químicas de las aguas residuales en tratamiento por medio de lagunas de estabilización 49

4.2. Composición físico química de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales 51

4.3. Características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales por el método de reactor BATCH 53

4.4. Factibilidad de uso de la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abono orgánico por el método de reactor BATCH 56

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 6969

5.1. CONCLUSIONES.....69

5.2. RECOMENDACIONES 70

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....71

ANEXO 78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Análisis de componentes de solidos como suelo y plantas……45

Tabla 2 Análisis de componentes de agua……..46

Tabla 3 Características físico químicas de las aguas residuales 49

Tabla 4 Composición físico química de la Macrofita (Eichhornia crassipes) proveniente del tratamiento de aguas residuales 51

Tabla 5 Características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita (Eichhornia crassipes) proveniente del tratamiento de aguas residuales por el método de reactor BATCH 53

Tabla 6 Análisis de Varianza de la concentración de coliformes Termo tolerantes en el abono de macrofita y el agua residual.....57

Tabla 7 Análisis de Varianza del nivel de pH en el abono de macrofita y el agua residual 59

Tabla 8 Análisis de Varianza de la concentración Carbono Orgánico en el abono de macrofita y el agua residual 60

Tabla 9 Análisis de Varianza de la concentración del Nitrógeno Total en el abono de macrofita y el agua residual 62

Tabla 10 Análisis de Varianza de la concentración del Fosforo Total en el abono de macrofita y el agua residual 63

Tabla 11 Análisis de Varianza de la concentración del Potasio Total en el abono de macrofita y el agua residual 65

Tabla 12 Factibilidad de uso de la macrofita Eichhornia crassipes proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH.....65

Tabla 13 Análisis de Varianza del Abono de la Macrofita Eichhornia crassipes y el abono obtenido por el método BATCH. 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de zonación de una laguna y situación de los diferentes tipos biológicos de plantas acuáticas que pueden encontrarse. 29

Figura 2 Macrofitas acuáticos 30

Figura 3 Humedal con macrofitas flotantes, (Fernández, 2005) 31

Figura 4 Composición elemental promedia de las plantas (FAO, 2002) 36

Figura 5 Relación de muestras 41

Figura 6 Proceso de elaboración de abono por el método BATCH utilizando la Eichhornia crassipes 42

Figura 7 Biorreactor 43

Figura 8 Secuencia de proceso de método de bioreaccion BATCH 43

Figura 9 Pre procesado de las Macrofitas 44

Figura 10 Agregado del pre procesado al bioreactor 44

Figura 11 Agregado del componente liquido en el bioreator 45

Figura 12 Concentración de Coliformes Termo tolerantes en el abono de macrofita Eichhornia crassipes obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales. 56

Figura 13 Nivel de pH del abono de macrofita Eichhornia crassipes obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales. 58

Figura 14 Concentración del Carbono Orgánico en el abono de macrofita Eichhornia crassipes obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales. 59

Figura 15 Concentración del Nitrógeno Total en el abono de macrofita Eichhornia crassipes obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales. 61

Figura 16 Concentración del Fosforo Total en el abono de macrofita Eichhornia crassipes obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales. 62
Figura 17 Concentración del Potasio Total en el abono de macrofita Eichhornia crassipes obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales. 64

RESUMEN

El estudio evaluó la factibilidad de la macrofita Eichhornia crassipes proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abono orgánico por el método de reactor BATCH, Ucayali 2024. La metodología a seguir para la obtención del abono es mediante el método BATHC, este proceso presenta 6 ciclos, inicia con el llenado en un reactor de 10 l agitándolo por 15 minutos, seguido de un proceso de anaerobiosis con agitación por 2 horas, seguido una aireación por 3 horas, luego una inyección de aire corta por 10 minutos, se deja sedimentar por 30 minutos, se drena el líquido generado y se deja reposar por las siguientes 24 horas. Los resultados obtenidos respectivamente de las aguas residuales, el abono de Macrofita y el abono tratado por el método BATCH, el pH es de 7.01 H+, 6.70 H+ y 7.28 H+, la concentración de Carbono Orgánico es de 384 mg/L, 28.33 % y 30.63 %, la concentración de Nitrógeno es de 31.226 mg/L, 0.516 % y 0.610 %, la concentración de Fosforo es de 3.81 mg/L, 0.174 % y 0.206 %, por último, la concentración de Potasio es de 11.62 mg/L, 1.229 % y 1.014 %. Se concluye que si es factible el uso de la macrofita Eichhornia crassipes proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abono orgánico por el método de reactor BATCH cumpliendo con la composición de macronutrientes mínimas recomendadas par aun compost según la RM-0178-2023-MIDAGR Reglamento de Fertilizantes y Sustancias Afines.

Palabras claves: Abono, macrofita, agua residual, nutrientes.

ABSTRACT

The study evaluated the feasibility of the macrophyte Eichhornia crassipes from wastewater treatment for the production of organic fertilizer by the BATCH reactor method, Ucayali 2024. The methodology to follow to obtain the fertilizer is through the BATHC method, this process has 6 cycles, it begins with filling in a 10 l reactor shaking it for 15 minutes, followed by an anaerobic process with stirring for 2 hours, followed by aeration for 3 hours, then a short air injection for 10 minutes, it is allowed to settle for 30 minutes, the generated liquid is drained and left to rest for the next 24 hours. The results obtained respectively from the wastewater, Macrophyte fertilizer and fertilizer treated by the BATCH method, the pH is 7.01 H +, 6.70 H + and 7.28 H +, the concentration of Organic Carbon is 384 mg / L, 28.33 % and 30.63%, the concentration of Nitrogen is 31.226 mg / L, 0.516 % and 0.610%, the concentration of Phosphorus is 3.81 mg / L, 0.174 % and 0.206%, finally, the concentration of Potassium is 11.62 mg / L, 1.229 % and 1.014%. It is concluded that it is feasible to use the macrophyte Eichhornia crassipes from wastewater treatment for the production of organic fertilizers using the BATCH reactor method, complying with the minimum macronutrient composition recommended for compost according to RM-0178-2023-MIDAGR Regulation of Fertilizers and Related Substances.

Keywords: Fertilizer, macrophyta, wastewater, nutrients.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales es un desafío mundial; según datos de la ONU, cerca del 80% de las aguas residuales en el mundo no reciben tratamiento de descontaminación antes de ser liberadas o reutilizadas. A nivel local, en regiones como Ucayali, la situación es aún más crítica. La ausencia de un tratamiento adecuado de aguas residuales ha resultado en la descarga directa de efluentes al río Ucayali, sin ningún proceso de descontaminación, lo que contribuye a la alteración de las características físicas y químicas del agua (Quispe et al., 2021). Además, las plantas de tratamiento de aguas residuales en la región, como las 21 estaciones de bombeo, no logran procesar adecuadamente toda el agua, lo que fomenta la proliferación de plantas invasoras como Eichhornia crassipes, que afecta la calidad del agua y el ecosistema acuático (EMAPACOP S.A., 2023).

En este contexto, el presente estudio busca evaluar la viabilidad del uso de Eichhornia crassipes, una macrofita comúnmente encontrada en cuerpos de agua contaminados y proveniente de aguas residuales, para la producción de abonos orgánicos mediante el método de reactor BATCH. El estudio se llevará a cabo en Ucayali en 2024, con el objetivo de convertir esta planta invasiva, usualmente considerada una plaga, en una fuente potencial de nutrientes para la fabricación de compost orgánico.

El proceso metodológico propuesto para la elaboración del abono orgánico se basa en el método BATCH, que consiste en un ciclo de tratamiento con seis fases: llenado del reactor de 10 litros con la macrofita, agitación durante 15 minutos, un proceso de anaerobiosis seguido de dos horas de agitación, aireación por tres horas, inyección de aire corto por 10 minutos, sedimentación durante 30 minutos, drenaje del líquido generado

y, finalmente, reposo durante 24 horas. Este proceso no solo tiene como objetivo evaluar la viabilidad de convertir Eichhornia crassipes en un abono funcional, sino también comparar su composición de macronutrientes con las aguas residuales y el abono tratado, de acuerdo con las normativas de la RM-0178-2023-MIDAGRI.

Los resultados preliminares del estudio muestran un pH de 7.01 H+, 6.70 H+ y 7.28 H+ para las aguas residuales, el abono de macrofitas y el abono tratado, respectivamente. En cuanto a los macronutrientes, el abono obtenido tiene una concentración de carbono orgánico de 28.33% y 30.63%, nitrógeno de 0.516% y 0.610%, fósforo de 0.174% y 0.206%, y potasio de 1.229% y 1.014%. Estos resultados sugieren que Eichhornia crassipes proveniente de aguas residuales puede ser un abono orgánico potencial que cumple con los requisitos mínimos de macronutrientes establecidos para compost de calidad.

La conclusión principal del estudio es que efectivamente es posible utilizar Eichhornia crassipes proveniente de aguas residuales para producir abonos orgánicos mediante el método de reactor BATCH. Este proceso no solo ayudaría a resolver la proliferación de plantas invasoras en las aguas residuales, sino también a generar abonos orgánicos de bajo costo y alto valor nutritivo. Además, representa una solución sostenible y económica tanto para el tratamiento de aguas residuales como para la escasez de fertilizantes orgánicos en la región, con el beneficio adicional de reducir el impacto ambiental asociado al uso de abonos químicos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La contaminación ambiental ha sido identificada a nivel global como uno de los problemas más graves que afecta la salud de todas las formas de vida (Torres et al., 2020). El tratamiento de aguas residuales es un desafío mundial; según datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cerca del 80% de las aguas residuales en el mundo no reciben tratamiento de descontaminación antes de ser liberadas o reutilizadas (Pérez y Vallejos, 2022). Muchos países en desarrollo carecen de sistemas eficaces para tratar las aguas residuales, ya sea por limitaciones económicas o por el escaso conocimiento sobre alternativas viables y de bajo costo, aunque estas opciones podrían mejorar la calidad del agua (Vargas et al., 2020).

En cuanto a las tecnologías de tratamiento de aguas residuales que requieren alta eficiencia a bajo costo y con bajo impacto ambiental, los humedales ofrecen una capacidad razonablemente alta para eliminar contaminantes y proporcionar beneficios ecológicos (Kataki et al., 2021). Según Comex Perú (2022), la falta de fertilizantes es un desafío para muchos países en el mundo. En Perú, se presenta un déficit de 180,000 toneladas de urea, lo que pone en riesgo la campaña agrícola 2022-2023 y podría afectar a alrededor de 500,000 agricultores comerciales. En 2021, la agricultura experimentó los efectos de un aumento constante en los precios internacionales de los fertilizantes inorgánicos. Dado que

la mayoría de los fertilizantes usados en Perú son importados, los productores agrícolas están expuestos a la variabilidad de los precios internacionales de estas materias primas (MIDAGRI, 2022). En Ucayali, se comercializan grandes cantidades de fertilizantes químicos para la agricultura, especialmente en la producción de palma aceitera (Ivanova et al., 2020).

Uno de los principales problemas del tratamiento de efluentes en Perú es la falta de control sobre el exceso de nutrientes en las aguas tratadas, que, al ser vertidas en cuerpos naturales, generan alteraciones físicas y químicas del agua (Quispe et al., 2021). En Ucayali, existen 21 estaciones de bombeo de aguas residuales que vierten directamente al río Ucayali sin tratamiento previo; solo el 14% del volumen total de aguas residuales se trata en la PTAR del sector 9, utilizando lagunas de oxidación y facultativas, lo que provoca una proliferación no deseada de especies invasoras como macrofitas flotantes (EMAPACOP S.A., 2023).

Este contexto resalta la relación entre el déficit y la creciente demanda de abonos orgánicos, y los problemas relacionados con el tratamiento de aguas residuales. En muchos países y regiones en desarrollo, los tratamientos biológicos como las lagunas de oxidación enfrentan dificultades por el crecimiento descontrolado de macrofitas no deseadas.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Es factible utilizar la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abono orgánico por el método de reactor BATCH, Ucayali 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características físico químicas de las aguas residuales domesticas?
- ¿Cuáles son las características físico química de la Macrofita Eichhornia crassipes proveniente de aguas residuales?
- ¿Cuáles son las características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita Eichhornia crassipes proveniente de aguas residuales por el método de reactor BATCH?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la factibilidad de la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abono orgánico por el método de reactor BATCH, Ucayali 2024.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico químicas de las aguas residuales domésticas.
- Determinar las características físico química de la Macrofita Eichhornia crassipes proveniente de aguas residuales.
- Determinar las características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita Eichhornia crassipes proveniente de aguas residuales por el método de reactor BATCH.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Ramírez et al. (2024) investigaron la viabilidad del lirio acuático (Eichhornia crassipes) como materia prima para producir abono orgánico en combinación con otros residuos. El estudio experimental, realizado con un diseño aleatorio de 5 tratamientos y 4 repeticiones, evaluó el impacto en la producción de plántulas de hortalizas a los 10 y 15 días. A los 15 días, los tratamientos sin estiércol mostraron un impacto significativo en la altura de las plantas. Las mezclas de lirio acuático con residuos orgánicos, como 50% lirio y 50% residuos de mercado, 100% lirio y 25% lirio con 25% papel reciclado y hojarascas, mostraron las mejores alturas: 13.5, 12.0 y 9.5 cm, respectivamente. Los resultados concluyen que el lirio acuático es una opción viable para la producción de abono orgánico, contribuyendo también a controlar esta planta invasora en la agricultura de manera ecológica.

Ramírez et al. (2023), investigaron el uso del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) como sustrato de germinación y abono orgánico para hortalizas. El objetivo fue analizar sus propiedades físicas y químicas como sustrato para la germinación y como bocashi en el desarrollo del rábano. La investigación, de tipo experimental, utilizó mezclas de E. crassipes seca y molida en cuatro proporciones con compost y agrolito, además de un tratamiento control con 100 % de E. crassipes . Bajo un diseño completamente al azar, se evaluó la germinación de semillas de Solanum lycopersicum , Cucurbita pepo y Cucumis sativus .

Paralelamente, se elaboró bocashi con *E. crassipes* fresco y se aplicó en dosis del 0 %, 15 %, 30 % y 45 % en *Raphanus sativus* . Los tratamientos con *E. crassipes* mostraron tasas de germinación entre 0-99 %, siendo óptimas las mezclas con 25 % y 50 %, por sus características físicas y químicas. El bocashi, con una dosis recomendada del 15 %, mejoró la calidad del bulbo del rábano.

En otro estudio, Ramírez et al. (2023) evaluaron el Jacinto de agua como alternativa biorremediadora para el tratamiento de aguas residuales en El Pangui, Ecuador, y su transformación en biofertilizante. Utilizando un diseño completamente aleatorizado, se seleccionaron 60 individuos de *E. crassipes* para procesos de fitorremediación en una planta de oxidación durante 120 días. Se realizaron análisis químicos y gravimétricos del agua tratada y la biomasa, utilizada posteriormente en compostaje. Los resultados indicaron que *E. crassipes* fue eficiente en la remoción de SST, TDS, DBO5, DQO y otros contaminantes. El biofertilizante obtenido presentó niveles adecuados de materia orgánica, nitrógeno total, calcio, magnesio y una relación C/N favorable, además de un perfil microbiológico apto para la mejora del suelo.

Orellana y Anaya (2021) evaluaron el efecto del compost de *Eichhornia crassipes* en la calidad de plántulas de *Theobroma cacao* en vivero. El estudio, con un diseño completamente al azar y cinco tratamientos, mezcló compost de *E. crassipes* en proporciones del 10 %, 20 % y 40 % con tierra. Los análisis de ANOVA mostraron diferencias significativas en variables como diámetro, Índice de Calidad de Dickson y peso seco total, siendo superiores los tratamientos con compost en comparación con el testigo de 100 % tierra. No se detectó traslocación de plomo en

las plantas, aunque altos porcentajes de compost (40 %) ocasionaron síntomas de clorosis y enfermedades.

Rivas y Silva (2020) evaluaron la calidad física y química de compost elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora. Utilizando un diseño completamente aleatorizado, analizaron variables como porosidad, pH, conductividad eléctrica y contenido de nutrientes. Los compost de pergamino de café destacaron en porosidad y aireación, mientras que los de bora mostraron mayores contenidos de nutrientes, aunque los valores de materia orgánica y carbono orgánico estuvieron por debajo de lo óptimo.

Arizaga y Balladares (2021), estudiaron la elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón la troncal. Por lo cual se realizó el levantamiento de información en el sitio de estudio, desde el pesaje, transporte y transformación respectiva. Se analizaron dos técnicas para el aprovechamiento de desechos, que son Bocashi y humus de lombriz. Además, se midieron parámetros físicos como pH y temperatura. Se desarrollaron las técnicas obteniendo como resultados que, al aprovechar los desechos orgánicos y transformarlos en abonos, el Bocashi es la mejor opción para el cantón La Troncal con base en los resultados obtenidos en los análisis para nitrógeno, fósforo y potasio.

Acevedo et al. (2020), evaluaron la calidad de los Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. Para determinar la calidad de las plántulas se registraron variables

como el índice de esbeltez y de calidad de Dickson, la relación del peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz, entre otras. Se encontró que el abono orgánico comercial Solep, aplicado en proporción de 20 % del volumen del sustrato produjo plántulas de buena calidad reflejada en mayor altura, diámetro y longitud de raíz, pero principalmente por los índices de esbeltez y calidad de Dickson. La aplicación de fertilizante químico a una concentración de 1.0 g L-1 de la fórmula 20-18-20 favoreció la obtención de plántulas de buena calidad. La proporción del abono orgánico comercial o estiércol local utilizado como componente de sustrato no debe exceder del 40 % del volumen total de la mezcla final.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Zavala (2024), evaluó la calidad de plantones de Pinus tecunumanii (pino rojo) empleando abonos orgánicos y micorrizas en San Isidro, Huánuco, Perú. Los resultados revelaron una interacción estadística significativa para los indicadores morfológicos. El tratamiento T12 destacó con los mayores promedios en altura total (16,69 cm), diámetro basal (2,62 mm), longitud de raíz (23,96 cm), biomasa (0,75 g), R A/LR (0,71) e ICD (0,09); el T10 mejoró la robustez (6,31), mientras que la R BSA/BSR sobresalió al aplicar 3 y 6 ml de micorrizas. Se observó que 11 combinaciones resultaron en categorías de baja calidad, y solo el T12 alcanzó calidad media. En conclusión, se enfatiza la necesidad de validar las categorías de calidad de las plántulas de P. tecunumanii en las circunstancias específicas de la provincia de Leoncio Prado.

Riva (2024), el estudio planteó como objetivo evaluar el efecto de fuentes y niveles de abonos orgánicos en el rendimiento de Capsicum baccatum (Ají

escabeche) en un fundo privado del caserío de Inti, que políticamente pertenece al caserío de Inti, distrito Mariano Damaso Beraun, región Huánuco. Los tratamientos registraron mejores valores de rendimiento y calidad de frutos respecto al testigo, siendo no rentables todos los tratamientos estudiados. Se concluye que, utilizar 60 t/ha del estiércol de gallina en un suelo degradado favorece de manera significativa en el rendimiento de C. baccatum, pero carece de rentabilidad agronómica, aunque es una acción relevante de recuperación de suelos.

Bailón et al. (2021), evaluaron los indicadores fisicoquímicos y se determinó la calidad de los compost producidos con diferentes insumos y comercializados en el distrito Rupa Rupa, región Huánuco-Perú. Los resultados no muestran diferencias en los indicadores fisicoquímicos, excepto los niveles de N y, según la NTC y la OMS, corresponden a compost de buena calidad, mientras la NOCh los clasifica como compost de calidad media. En conclusión, los compost evaluados son de calidad media y la norma que mejor determina la calidad es la NOCh, que puede ser aplicada en países que no disponen de una norma específica que determine la calidad del compost.

Moreno et al. (2020), El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de abonos orgánicos (estiércol sólido, biosol y biol) elaborados a partir del estiércol líquido porcino, medidos a través del rendimiento forrajero, valor nutricional, utilidad neta del cultivo de maíz chala y propiedades fisicoquímicas del suelo post cosecha. El valor nutricional de la planta y las propiedades fisicoquímicas del suelo se obtuvieron a través de análisis de laboratorio. Los resultados para el rendimiento forrajero fueron estadísticamente no significativos ($p>0,05$): altura planta (2,62, 2,75,

2,70, 2,76 y 2,55 m), peso mazorca (0,243, 0,264, 0,270, 0,266 y 0,230 kg), peso planta (1,01, 1,08, 1,05, 1,07 y 0,95 kg) y peso por hectárea (68,7, 73,9, 71,5, 73,1 y 64,5 t) respectivamente. El mayor valor nutricional se obtuvo con el T3 (proteína cruda 10,5%, extracto etéreo 1,6 %, fibra cruda 25,4% y fibra detergente neutra 54,8%). Mayor valor energético NDT (62,64%) y ENL (1,41 Mcal/kg) se obtuvo con el T1. Mejores propiedades fisicoquímicas del suelo post cosecha se obtuvo con el T2: 2,56% materia orgánica, 59,4 ppm fosforo, 230 ppm potasio, clase textural franco. Mayor utilidad neta se obtuvo en el T2, S/ 4 270,40. Los resultados obtenidos permiten concluir que los abonos orgánicos sólidos son una buena alternativa al uso de fertilizantes químicos para el cultivo del maíz chala; mejoran el rendimiento forrajero, valor nutricional de la planta, la utilidad neta por hectárea y las características fisicoquímicas del suelo.

2.1.3. Antecedentes Locales

Quispe et al. (2021) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la capacidad de remoción de nitrógeno (N) y fósforo (P) en aguas residuales municipales (ARM) utilizando plantas acuáticas emergentes. El estudio se centró en el uso de especies nativas de la región en los efluentes de la Planta de Recuperación de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPACOP S.A.) en Pucallpa, Perú. Se emplearon dos métodos de investigación experimental y aplicada, y se evaluó la remoción de N y P durante un periodo de 5 días en condiciones de laboratorio. Las plantas Eichhornia crassipes y Lemna minor mostraron un crecimiento favorable en las ARM. El cultivo de estas plantas se llevó a cabo durante 4 meses bajo condiciones controladas de luz, temperatura y pH. Los

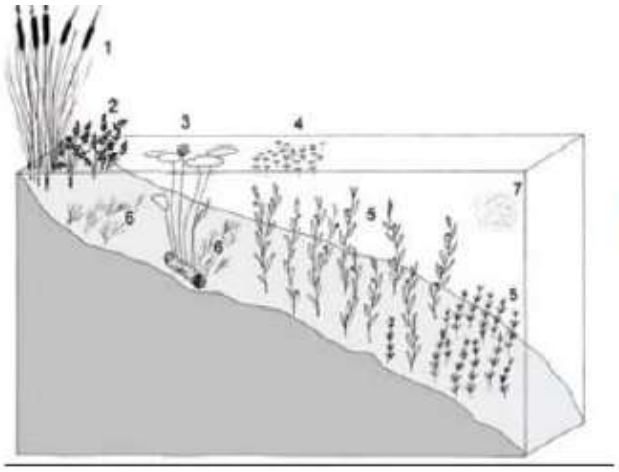
resultados indicaron altos porcentajes de remoción de nutrientes, alcanzando entre 70%-80% para Eichhornia crassipes y entre 55%-60% para Lemna minor. La cantidad óptima de plantas emergentes para el tratamiento de aguas residuales fue de 60 muestras para tratar 80 litros de agua cruda, logrando reducir la concentración de nitrógeno de 0,35 mg/L a 0,09 mg/L y la de fósforo de 5 mg/L a 0,53 mg/L. Esto evidenció su efectividad en la disminución de nutrientes responsables de fenómenos como la eutrofización o hipoxia.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1. Macrofitas

Los macrófitos acuáticos, como organismos fotosintéticos, requieren agua transparente para que la luz llegue a sus cloroplastos. La intensidad de luz disminuye con la profundidad, lo que genera zonación, un proceso que determina su distribución en cuerpos de agua profundos como lagos y ríos. Estas plantas obtienen nutrientes a través de la epidermis de sus hojas, lo que hace que la concentración de iones en el agua influya significativamente en su metabolismo. Factores adicionales, como el tipo de sustrato, temperatura, movimiento y contenido de nutrientes, también afectan su presencia y distribución (García et al., 2010).

Figura 1 *Esquema de zonación de una laguna y situación de los diferentes tipos biológicos de plantas acuáticas que pueden encontrarse.*



Esquema de zonación de una laguna y situación de los diferentes tipos biológicos de plantas acuáticas que pueden encontrarse.

1. Helófitos o plantas palustres
2. Higrófitos
3. Macrófitos enraizados-flotantes
4. Macrófitos flotantes
5. Macrófitos sumergidos
6. Algas filamentosas
7. Fitoplancton

2.2.1.1. Macrófitos acuáticos

Los vegetales abordados en esta guía dependen del agua para sobrevivir, ya sea enraizados al sustrato o flotando libremente. Se clasifican en tres tipos biológicos:

1. Macrófitos flotantes: No están adheridos al sustrato, como el jacinto de agua (Eichhornia crassipes) o la lenteja de agua (Lemna minor).

2. Macrófitos enraizados-flotantes : Permanecen enraizados al sustrato, pero poseen hojas grandes que flotan en la superficie, como los nenúfares (Nuphar luteum y Nymphea alba).

3. Macrófitos sumergidos : Estas especies están completamente sumergidas, excepto por flores emergentes en algunos casos, como Zannichellia o Potamogeton lucens (García et al., 2010).

Figura 2 *Macrofitas acuáticos*



2.2.1.2. Uso de las macrofitas para el tratamiento de las aguas residuales

Tradicionalmente, las macrófitas han sido vistas como plagas en ecosistemas ricos en nutrientes debido a su rápida propagación, que puede obstaculizar la navegación y alterar el equilibrio biológico. No obstante, actualmente se reconoce su potencial cuando son gestionadas adecuadamente, ya que pueden remover y acumular contaminantes, y su biomasa se aprovecha como fuente de energía, forraje y fibra (López, 2004).

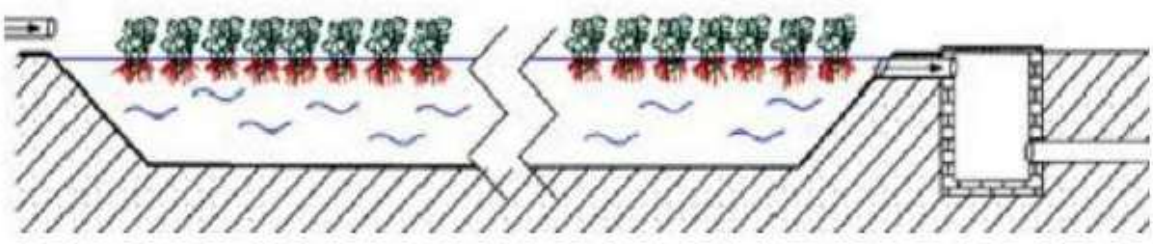
A diferencia de los humedales naturales, los humedales artificiales o construidos son diseñados por el ser humano para cultivar vegetación acuática con el propósito de tratar aguas residuales, apoyando procesos de fitodepuración. Según López (2004), estos sistemas surgieron en Europa en la década de 1960, utilizando juncos o carrizos, y han evolucionado y ganado aceptación con el tiempo.

2.2.1.3. Humedales con macrófitas propiamente flotantes

Los sistemas naturales de depuración se emplean en tratamientos secundarios y terciarios. En los sistemas de flujo superficial (FS), el agua fluye lentamente a través de canales cubiertos por una fina capa de suelo con plantas emergentes sembradas (Metcalf y Eddy, 1985).

Estos sistemas, que utilizan macrófitas de flotación libre como el jacinto de agua y la lenteja de agua, requieren pocos recursos y ofrecen grandes beneficios a los ecosistemas. Diseñados con profundidades variables (0.4 m a 1.5 m), son similares a las lagunas de estabilización, pero reemplazan las microalgas por macrófitas y tienen profundidades menores (Martelo, 2012).

Figura 3 Humedal con macrofitas flotantes



Un inconveniente principal de estos sistemas es su limitada capacidad para acumular biomasa, ya que las plantas no alcanzan una altura significativa y

generalmente permanecen cercanas a la superficie del agua. Como resultado, la cantidad de biomasa almacenada por unidad de superficie es relativamente baja, lo que exige retiradas periódicas para permitir el crecimiento continuo de las plantas. Este mantenimiento incrementa los costos operativos debido a la necesidad de mano de obra (Fernández, 2005).

2.2.1.4. Eichhornia crassipes (Mart.) Solms, Lirio acuático

Esta especie sudamericana, considerada la maleza acuática más problemática a nivel global, crece rápidamente y genera inconvenientes en lagunas, presas y canales de riego. También se conoce como cucharilla, camalote, flor de agua, lirio acuático, entre otros. Pertenece al reino Plantae, es una planta acuática flotante o fija al sustrato, perenne, y alcanza unos 30 cm de altura. Tiene hojas en roseta basal y flores lilas grandes con una mancha amarilla. Originaria de Sudamérica, se ha extendido a regiones cálidas del hemisferio occidental y el Viejo Mundo. Afecta la biodiversidad y cultivos, obstaculizando la navegación y reduciendo el oxígeno en el agua.

2.2.2. Abonos

Los abonos orgánicos incluyen el estiércol, los restos de cultivos y la materia orgánica resultante del compostaje. Estos fertilizantes ayudan a mejorar la calidad del suelo, tanto en su estructura como en su fertilidad, al suministrar nutrientes y microorganismos beneficiosos para la agricultura. Asimismo, favorecen la aireación y oxigenación del suelo, lo que estimula una mayor actividad de las raíces y de los microorganismos aerobios.

2.2.2.1. Propiedades de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos pueden encontrarse en presentaciones sólidas, como compost, compost mineralizado, lombricompost o bocashi, y en forma líquida, como estiércol, madero negro o té de estiércol, entre otros. Estos fertilizantes tienen características que influyen positivamente en la calidad del suelo, incrementando su fertilidad. Entre sus principales ventajas destacan la mejora de la estructura y textura del suelo, aligerando aquellos con alta proporción de arcilla y compactando los suelos arenosos. También incrementan la permeabilidad del suelo, facilitando la infiltración de agua, ya sea de lluvia o de riego, lo que mejora tanto el drenaje como la aireación. Asimismo, contribuyen a disminuir la erosión, favorecen la retención de agua en climas cálidos, estabilizan el pH y promueven una mayor oxigenación del suelo. Estos abonos también actúan como fuente de energía para microorganismos benéficos y ayudan a mitigar la contaminación del agua y del suelo (Salazar et al., 2021).

2.2.2.2. Tipos de abonos

2.2.2.2.1. Abono orgánico

Dentro de la amplia gama de abonos orgánicos, se encuentran los siguientes:

- Abono verde: Es un fertilizante rico en nitrógeno que se obtiene al sembrar leguminosas como habas, guisantes, judías, alfalfa o trébol y luego enterrarlas. Es una opción económica, sencilla y muy beneficiosa para los cultivos (IA, 2020).

- Compost: Se elabora a partir de materia orgánica que ha pasado por un proceso de fermentación. Se confecciona con restos de alimentos, residuos agrícolas,

estiércol animal y humus de lombriz. Es muy utilizado en jardines domésticos (IA, 2020).

- Estiércol: Proviene de animales herbívoros como ovejas, caballos, cabras y conejos. Es una forma completamente natural de fertilizar el suelo y las plantas (IA, 2020).

- Guano : También llamado gallinaza, es un abono similar al estiércol, pero derivado de los excrementos de palomas y murciélagos. Es una mezcla rica en nutrientes, especialmente beneficiosa para las plantas hortícolas (IA, 2020).

- Turba : La turba es un material de tonalidad marrón, ya sea oscuro o claro, que se origina en zonas pantanosas a partir de la descomposición de restos vegetales. Con un pH de 3.5, su uso principal es la acidificación del suelo, por lo que generalmente se mezcla con otros sustratos para optimizar su función (IA, 2020).

2.2.2.2.2. Abonos químicos

Los fertilizantes de este tipo siguen siendo los más comunes en los hogares, aunque cada vez más personas optan por elegir opciones orgánicas. A continuación, se describen los diferentes tipos de abonos de origen químico:

- Convencionales: También conocidos como de rápida liberación, están disponibles en varios formatos: fosfóricos, nitrogenados, potásicos, binarios (que contienen dos de los macronutrientes) o ternarios (que incluyen los tres macronutrientes: nitrógeno, fósforo y potasio) (IA, 2020).

- De liberación lenta: A diferencia de los fertilizantes convencionales, que la planta puede absorber de inmediato, los de liberación lenta se disuelven gradualmente con los riegos (IA, 2020).

- Específicos para cada especie: Estos fertilizantes se encuentran en forma granulada o líquida y están formulados para necesidades particulares de cada especie, como cactus, césped, bonsáis, plantas de interior o acidófilas, entre otras (IA, 2020).

- Organominerales: Son una mezcla de minerales y materia orgánica, lo que los hace una opción interesante para mejorar la calidad del suelo y la nutrición de las plantas (IA, 2020).

- Foliares: Se aplican directamente sobre las hojas mediante pulverización y son muy efectivos para resolver rápidamente carencias como la falta de manganeso o hierro (IA, 2020).

2.2.2.3. Los nutrientes necesarios para el crecimiento de las Plantas

Según la FAO (2002), existen dieciséis elementos esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas, los cuales provienen del aire y del suelo

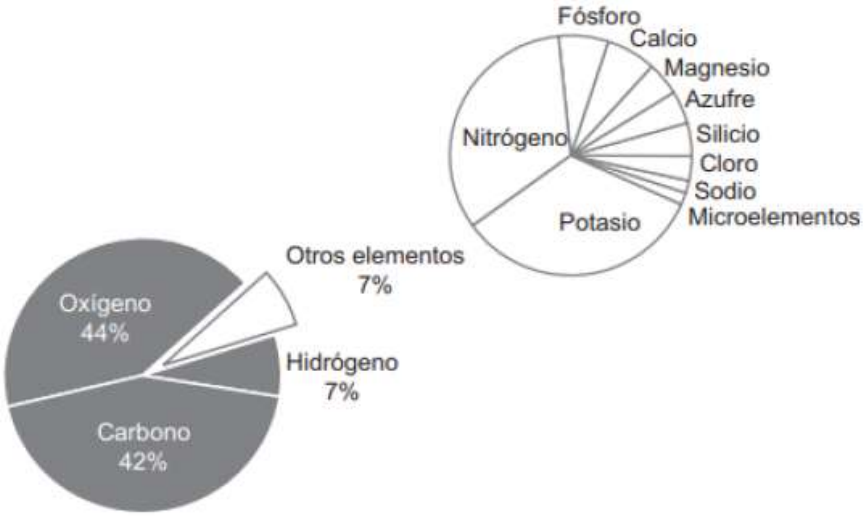
que las rodea. En el suelo, estos elementos se transportan a través de la solución del suelo. Los orígenes de estos elementos se clasifican de la siguiente manera:

a. Del aire: el carbono (C), presente como dióxido de carbono (CO_2).

b. Del agua: el hidrógeno (H) y el oxígeno (O), aportados por el agua (H_2O).

c. Del suelo, fertilizantes y abonos orgánicos: elementos como nitrógeno (N), que las plantas leguminosas pueden obtener del aire mediante bacterias simbióticas en los nódulos de sus raíces (Rhizobium y otras asociaciones como la Fijación Biológica de Nitrógeno, abono verde o micorrizas), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Figura 4 Composición elemental promedia de las plantas (FAO, 2002)



Los macronutrientes son necesarios en grandes cantidades, y se deben aplicar grandes dosis si el suelo carece de alguno o varios de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes o volverse deficientes debido a la

extracción continua de nutrientes por los cultivos, especialmente cuando se usan variedades de alto rendimiento que demandan más nutrientes que las variedades locales. Dentro de los macronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son el nitrógeno, fósforo y potasio (FAO, 2002).

- Nitrógeno (N): Es fundamental para el crecimiento de la planta, representando entre el 1% y el 4% del extracto seco de la planta. Se absorbe del suelo en forma de nitrato (NO3-) o amonio (NH4+), y se combina con los productos del metabolismo de los carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. El nitrógeno es esencial en los procesos clave de desarrollo de las plantas y en la producción de rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno también favorece la absorción de otros nutrientes (FAO, 2002).

- Fósforo (P): Representa entre el 0,1% y el 0,4% del extracto seco de la planta y juega un papel crucial en la transferencia de energía. Es fundamental para la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos, y es indispensable para la diferenciación celular y el desarrollo de los tejidos que conforman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo suele ser deficiente en suelos naturales o agrícolas, especialmente cuando la fijación limita su disponibilidad (FAO, 2002).

- Potasio (K): Compuesto entre el 1% y el 4% del extracto seco de la planta, el potasio tiene diversas funciones. Activa más de 60 enzimas, lo que regula funciones vitales en las plantas. Participa en la síntesis de carbohidratos y proteínas, mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su resistencia a la sequía, heladas y

salinidad. Las plantas bien alimentadas con potasio son más resistentes a enfermedades.

Los nutrientes secundarios incluyen el magnesio, azufre y calcio, los cuales también son absorbidos por las plantas en cantidades importantes:

- Magnesio (Mg): Es el componente central de la clorofila, el pigmento verde que captura la energía solar. Entre el 15% y el 20% del magnesio de la planta se encuentra en las partes verdes. Además, el magnesio está involucrado en las reacciones enzimáticas que facilitan la transferencia de energía dentro de la planta (FAO, 2002).

- Azufre (S): Es un componente esencial de las proteínas y también participa en la formación de clorofila. En muchas plantas, representa entre el 0,2% y el 0,3% del extracto seco, y su función es tan importante como la del fósforo y el magnesio, aunque a menudo se subestima (FAO, 2002).

- Calcio (Ca): Es esencial para el crecimiento de las raíces y forma parte de los tejidos celulares de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos tienen suficiente calcio para las plantas, la deficiencia puede ocurrir en suelos tropicales con muy bajo contenido de este mineral. En muchos casos, la aplicación de calcio se realiza mediante el encalado, un proceso para reducir la acidez del suelo (FAO, 2002).

Finalmente, los micronutrientes o microelementos incluyen hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y boro (B). Aunque son absorbidos en cantidades mínimas, son fundamentales para el

crecimiento de la planta, comparables a las vitaminas en los seres humanos. Su disponibilidad depende principalmente de la reacción del suelo, y su exceso, en especial el de boro, puede tener efectos negativos en las cosechas (FAO, 2002).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Agua residual: Según el Ministerio del Ambiente (2012), las aguas residuales pueden clasificarse según su origen o naturaleza en domésticas o industriales. Las aguas residuales municipales incluyen tanto las domésticas como aquellas que resultan de la mezcla con aguas residuales industriales, siempre que estas últimas cumplan con los requisitos necesarios para ser admitidas en la red de alcantarillado.

- Abonos: Se consideran abonos orgánicos al estiércol, los residuos de cultivos y la materia orgánica obtenida mediante el compostaje. Estos abonos orgánicos contribuyen a mejorar la calidad del suelo, tanto en su estructura como en su fertilidad, al aportar nutrientes y microorganismos beneficiosos que favorecen la producción agrícola (Salazar et al., 2021).

- Micrófitos: Los macrófitos acuáticos, como organismos fotosintéticos, requieren que el agua sea transparente para permitir que la luz llegue a sus cloroplastos y realice el proceso de fotosíntesis (García et al., 2010).

- Residuos: Los residuos son materiales o productos desechados por su propietario, que pueden encontrarse en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso. El término se refiere a aquellos materiales que pierden su utilidad después de cumplir con su función o de haber sido utilizados para un propósito específico (BBVA, 2023).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio al ser de carácter experimental se llevó acabo en el laboratorio de Química de la en la Universidad Nacional de Ucayali, distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali. El agua y macrofitas fue obtenida de la PTAR del sector 9 de la ciudad de Pucallpa, ubicada en la última cuadra de la Av. Urbanización Municipal, del distrito de Callería.

3.2. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación

El estudio es de tipo aplicado, ya que se buscó solucionar un problema aplicando una metodología. La investigación de tipo aplicada se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio (Arias, 2022).

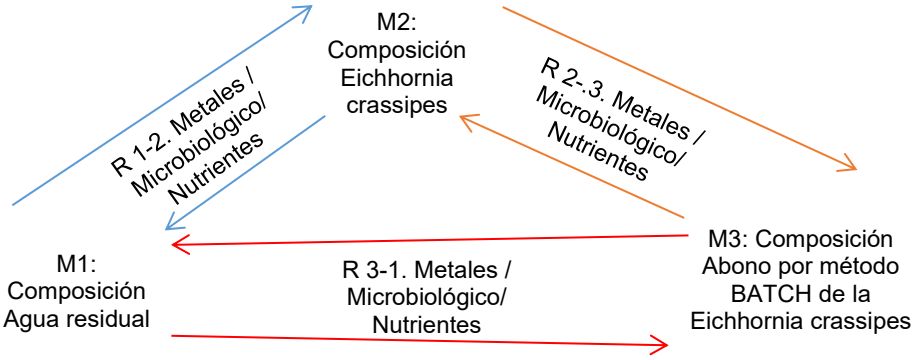
El estudio tiene un método de la investigación es cuantitativo, ya que se expresó los resultados de manera numérico, como los resultados de los parámetros de importancia.

El estudio tiene un nivel correlacional, ya que se evaluó como se interrelaciona la concentración de elementos del agua residual, en las macrofitas y estas después del tratamiento para convertirse en un abono.

3.2.2. Diseño de la investigación

El estudio fue de tipo no experimental, transversal de tipo correlacional, ya que se aplicó una metodología de reactores Batch para evaluar como este afecta al abono generado a partir de la *Eichhornia crassipes*, observando la relación del contenido de elementos como macronutrientes, metales y microorganismos.

Figura 5 Relación de muestras



.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÒN

La población se consideró a las aguas residuales y la *Eichhornia crassipes* presente en la superficie del agua.

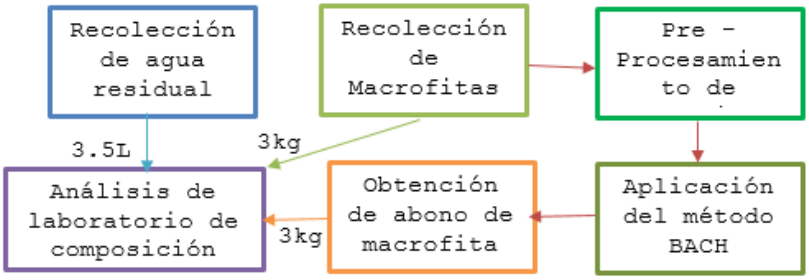
3.3.2. MUESTRA

La muestra fue de tipo no probabilística, se requirió para el análisis del agua residual 3.5 litros, de las macrofitas frescas 3 kg y 3 kg de macrofita tratadas mediante el método BATCH. La cantidad de muestra fue sustentada en la metodología. La cual se realizó 3 repeticiones del análisis del agua compuesto, de la macrofita y del abono obtenido por el método BACH de igual manera compuesta.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Técnicas

Figura 6 Proceso de elaboración de abono por el método BATCH utilizando la Eichhornia crassipes



3.4.1.1. Método secuencial del funcionamiento del reactor BATCH

Siguiendo el método de Dai et al. (2017), nos menciona que la operación de la secuencia del reactor BATCH presenta condiciones anaeróbicas, anoxias y una post aireación para mejorar la degradación, este proceso presenta 6 ciclo, inicia con el llenado en un reactor de 10 l agitándolo por 15 minutos, seguido de un proceso de anaerobiosis con agitación por 2 horas, seguido una aireación por 3 horas, luego una inyección de aire corta por 10 minutos, se deja sedimentar por 30 minutos, se drena el líquido generado y se deja reposar por las siguientes 24 horas y se repite el ciclo hasta obtener los resultados requeríos.

El biorreactor es uno de los componentes más importantes para la elaboración del abono, cuenta con un sistema de agitadores, un sensor de temperatura, un sub reactor, una cama térmica para calefacción, tubería de aireación.

Figura 7 Biorreactor

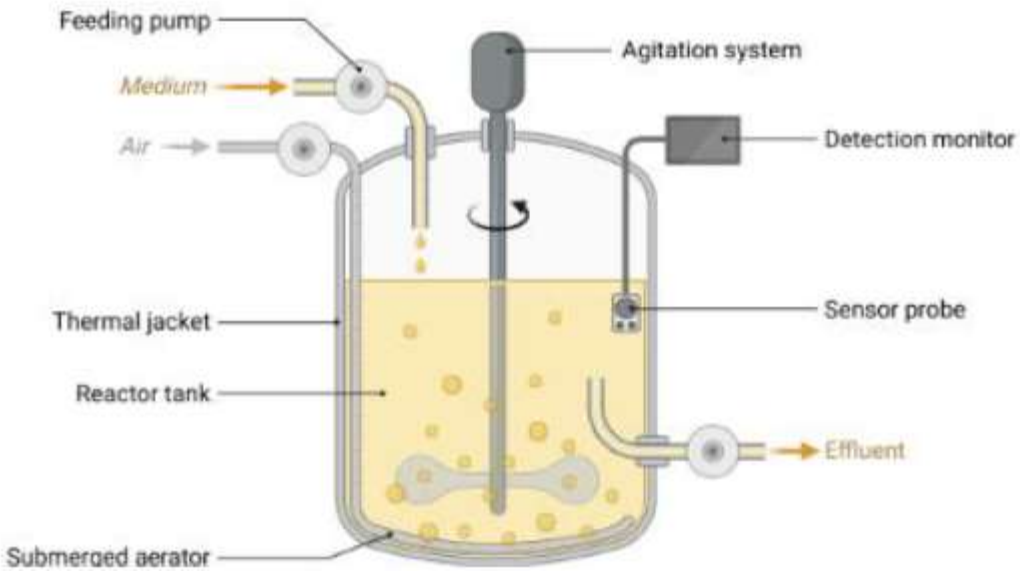


Figura 8 Secuencia de proceso de método de bioreaccion BATCH

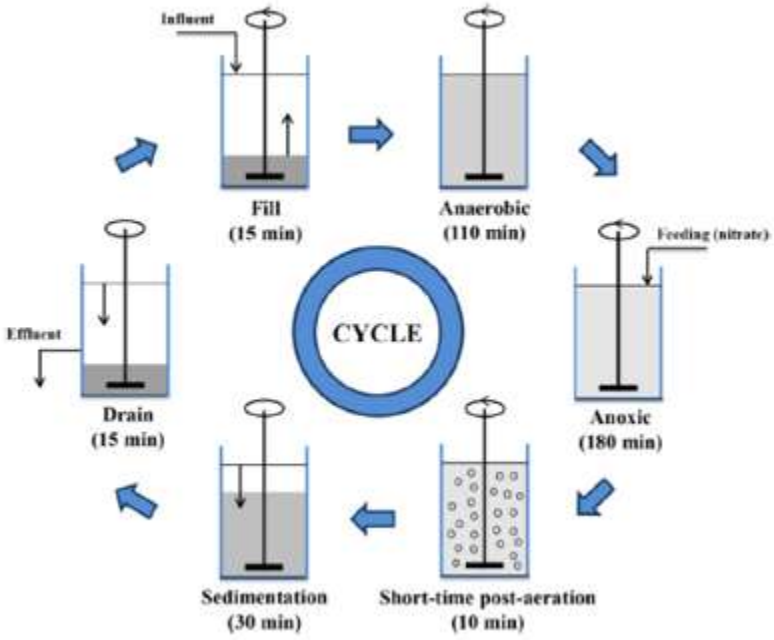


Figura 9 Pre procesado de las Macrofitas



Figura 10 Agregado del pre procesado al bioreactor



Figura 11 Agregado del componente liquido en el bioreator



3.4.1.2. Análisis de componentes de solidos como suelo y plantas

Los métodos presentados, son métodos de análisis reconocidos por INACAL, las cuales fueron los métodos analíticos a realizar por el laboratorio de análisis, donde en total se requirió 1 kg de muestra para su correcto análisis.

Tabla 1 Análisis de componentes de solidos como suelo y plantas

Parámetro	Norma y método
pH	EPA SW-846, Method 9045D, Revision 4/ Soil and waste pH
CONDUCTIVIDAD	NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Item 7.2.5 / Norma Oficial Mexicana, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis, AS-18 Medición de Conductividad Eléctrica.
COLIFORMES FECALES (TERMOTOLERANTES)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. / Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure

(NMP)	Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli
METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn, Hg, U, Th, Bi, B, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nb, P, Rb, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, W, Yb, Zr.	EPA METHOD 200.3, Rev. 1,1991 / EPA METHOD 200.7, Rev. 4.4, 1994/ Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometr
CARBONO ORGÁNICO TOTAL	NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, (Aplicado fuera del alcance) / Método Walkley y Black. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. AS-07; Item 7.1.7. Materia Orgánica

Fuente: INACAL (2024).

3.4.1.3. Análisis de calidad del agua

Los métodos presentados, son métodos de análisis reconocidos por INACAL, las cuales fueron los métodos analíticos a realizados por el laboratorio de análisis, donde en total se requiere 2 L de muestra para su correcto análisis.

Tabla 2 Análisis de componentes de agua

Parámetro	Norma y método
pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 24th Ed / pH Value. Electrometric Method
CONDUCTIVIDAD	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B. 24th Ed / Conductivity. Laboratory Method

NITROGENO AMONIACAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH3 D, 24th Ed
FÓSFORO TOTAL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B (Item 5) y E, 24th Ed. / Phosphorus. Ascorbic Acid Method/ Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
METALES TOTALES: Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn, Hg, U, Th, Bi, B, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, Li, Lu, Mg, Na, Nb, P, Rb, Si, Sn, Sr, Ta, Te, Ti, W, Yb, Zr.	EPA Method 200.7 Rev. 4.4. 1994. (VALIDADO - Aplicado fuera del alcance: Bi, U, S) / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
COLIFORMES FECALES (TERMOTOLERANTES) (NMP)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 24th Ed. / Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli

3.4.2. Instruments de recollection de datos

Para este estudio se utilizó como instrumento de recolección de datos la cadena de custodia, que comprende la información de la muestra y los parámetros a analizar.

3.5. PROCESAMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

El análisis de datos para sus procesamientos, se llevó a cabo con el uso del programa Microsoft Excel, donde se tabulo la información y genero la base de datos. Seguido se realizó el análisis de datos utilizando el programa MINITAB, para aplicar el ANOVA y el coeficiente de correlación de Spearman.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características físico químicas de las aguas residuales en tratamiento por medio de lagunas de estabilización

Tabla 3 Características físico químicas de las aguas residuales

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADOS	ECA AGUA DS.004-2017-MINAM		LMP –PTAR DS.003-2010-MINAM
			D1: Riego de Vegetales – No restringido	D1: Riego de Vegetales – restringido	
Coliformes Fecales (NMP)	NMP/mL	170 000 000,0	1000	2000	10 000
Conductividad	µS/cm	815,00	2500	2500	N/E
pH	Unidad de pH	7,01	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
Carbono Orgánico Total	mg C/L	384,00	N/E	N/E	N/E
Nitrógeno Total	mg/L	31,226	N/E	N/E	N/E
Fósforo Total	mg P/L	3,725	N/E	N/E	N/E
P-Fosfato	mg/L	3,91	N/E	N/E	N/E
Aluminio ( )	mg/L	<0,020	5	5	N/E
Arsénico ( )	mg/L	<0,008	0.1	0.1	N/E
Bario ( )	mg/L	0,1041	0.7	0.7	N/E
Boro ( )	mg/L	0,050	1	1	N/E
Cadmio ( )	mg/L	<0,0004	0.01	0.01	N/E
Calcio ( )	mg/L	23,341	N/E	N/E	N/E
Cobre ( )	mg/L	0,0103	0.2	0.2	N/E
Fosforo ( )	mg/L	3,81	N/E	N/E	N/E
Hierro ( )	mg/L	1,097	5	5	N/E
Litio ( )	mg/L	0,0103	2.5	2.5	N/E
Magnesio ( )	mg/L	4,036	N/E	N/E	N/E
Manganeso ( )	mg/L	0,1323	0.2	0.2	N/E
Plomo ( )	mg/L	<0,006	0.05	0.05	N/E
Potasio. ( )	mg/L	11,62	N/E	N/E	N/E
Zinc ( )	mg/L	0,0479	2	2	N/E

En la tabla 3, se aprecia las Características físico químicas de las aguas residuales, donde comparado con los Estándares de Calidad Ambiental del Agua no cumple con la Categoría 3 destinada para aguas de riego de vegetales no restringidos y restringidos, con la concentración de Coliformes Fecales de 170 x 10e6 que supera los límites de 1000 y 2000 NMP/ml, la conductividad presenta una concentración de 815 us/cm cumpliendo con el límite de 2500 us/cm, así mismo el

pH tuvo un valor de 7.01 H+ dentro del rango de 6.5 a 8.5 H+, los diferentes metales de Aluminio, Arsénico, Bario, Boro, Cadmio, Cobre, Hierro, Litio, Manganeso, Plomo y Zinc están por debajo de los limites. En comparación los Límites Máximos Permisibles para Efluentes de una PTAR, esta supera los límites para Coliformes Fecales de 10 000 NMP/ml en gran magnitud, con una concentración de 170 x 10e6 NMP/ml, así mismo el pH tuvo un valor de 7.01 H+ dentro del rango de 6.5 a 8.5 H+. Estas aguas residuales están en proceso de tratamiento, ya que los niveles de Coliformes son elevados, el cual impide que pueda cumplir con dichas normativas y así atribuirle un uso, sin previo tratamiento.

Un aspecto relevante es que varios países en desarrollo no disponen de sistemas adecuados para el tratamiento de aguas residuales, debido a limitaciones económicas o al escaso conocimiento sobre soluciones viables y de bajo costo, a pesar de que estos sistemas son herramientas clave para mejorar la calidad del agua (Vargas et al., 2020). Según el estudio de Mercado et al. (2020), en tres de las cinco plantas evaluadas, el efluente se destina al riego. Estos efluentes presentan concentraciones promedio de coliformes fecales de 3.546 x 10^6 UFC/100 ml, una concentración media de nitrógeno total de 78.2 mg/l y un promedio de fósforo de 14.4 mg/l. Por lo tanto, es probable que las aguas residuales y sus subproductos se utilicen en la agricultura debido a su alto contenido de nutrientes, pero un factor limitante es la presencia de patógenos en estas aguas, lo que restringe su uso continuo o generalizado.

4.2. Composición físico química de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales

Tabla 4 Composición físico química de la Macrofita (*Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	ECA-RM. 182-2017-MINAM Suelo Agrícola	RM-0178-2023-MIDAGRI	
				Fertilizante orgánico	Compost
		Microbiológico			
Coliformes Fecales	NMP/g	240 000 000,00	N/E	N/E	1000
		Propiedades físico-químicas			
Conductividad	µS/cm	5 213,00	N/E	N/E	5000
pH - Suelo	Unidad de pH	6,70	N/E	<5	N/E
Carbono Orgánico Total	%	28,33	N/E	<15%	N/E
Relación C/N		54.82	N/E	30/1	<10
		Macronutrientes			
Nitrógeno Total	mg/Kg	5 167,00	N/E	<1%	0.3 %
Fosforo ( )	mg/Kg	1 742,29	N/E	<1%	0.1 %
Potasio. ( )	mg/Kg	12 293,71	N/E	1%	0.3%
		Macronutrientes secundarios			
Magnesio ( )	mg/Kg	6 540,52	N/E	<0.5%	N/E
Calcio ( )	mg/Kg	11 827,2	N/E	<1%	N/E
		Micronutrientes			
Aluminio ( )	mg/Kg	10 209,78	N/E	N/E	N/E
Arsénico ( )	mg/Kg	<0,10	50	N/E	20
Bario ( )	mg/Kg	140,38	750	N/E	N/E
Boro ( )	mg/Kg	<0,10	N/E	N/E	N/E
Cadmio ( )	mg/Kg	1,822	1.4	N/E	1
Cobre ( )	mg/Kg	17,184	N/E	N/E	N/E
Cromo ( )	mg/Kg	12,03	0.4	N/E	100
Hierro ( )	mg/Kg	21 283,45	N/E	N/E	N/E
Litio ( )	mg/Kg	13,650	N/E	N/E	N/E
Manganeso ( )	mg/Kg	853,70	N/E	N/E	N/E
Mercurio ( )	mg/Kg	<0,04	6.6	N/E	1
Niquel ( )	mg/Kg	12,18	N/E	N/E	60
Plomo ( )	mg/Kg	<0,20	70	N/E	150
Zinc ( )	mg/Kg	89,87	N/E	N/E	N/E

En la tabla 4, observamos las Composición físico química de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales, donde comparado los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos, este no es apto como suelo agrícola, debido principalmente a la presencia elevada Cadmio con una

concentración de 1.822 mg/kg superando el límite de 1.4 mg/kg y Cromo de 11.30 mg/Kg superando el límite de 0.4 mg/kg. Así mismo se comparó con las características potenciales de fertilizantes, abonos y otros establecidos en el RM-0178-2023-MIDAGRI, comparado con las características para un fertilizante orgánico, en lo microbiológico no especifica una limite; con respecto a las propiedades físicoquímicas este presenta un pH apropiado de 6.7 H+ mayor a 5 H+, además de un contenido de Carbono Orgánico de 28.33 mayor al 15%, una relación de C/N de 54.8/1 superior a 30/1; considerando los macronutrientes se tiene una concentración de Nitrógeno de 0.51% menor a lo requerido de 1%, una concentración de Fosforo de 0.17% menor a lo requerido de 1% y la concentración de Potasio de 1.22% mayor al 1% requerido; así mismo los macronutrientes secundaros como el Magnesio presenta una concentración de 0.65% mayor al 0.5% requerido y el contenido de Calcio con una concentración de 1.1/% mayor al 1% requerido. Comparado con los requerimientos para un compost, en lo microbiológico presenta un concentración de 240 x 10e6 NMP/ g superando el límite de 1000 NMP/g ; con respecto a las propiedades físicoquímicas este presenta una Conductividad de 5167 us/cm superando el límite de 5000 us/ cm y una relación de C/N de 54.8/1 superior a 10/1; considerando los macronutrientes se tiene una concentración de Nitrógeno de 0.51% mayor a lo requerido de 0.3%, una concentración de Fosforo de 0.17% mayor a lo requerido de 0.1% y la concentración de Potasio de 1.22% mayor al 0.3% requerido; así mismo los micronutrientes tenemos al Arsénico con una concentración menor de 0.1 mg/kg dentro del límite de 20mg/kg, así mismo el Cadmio con una concentración de 1.8 mg/kg superando el límite de 1 mg/kg, la concentración de Cromo es de 12.03 mg/kg menor al límite

de 100mg/kg, la concentración de Mercurios es menor a 0.04 mg/kg mucho menor al límite de 1 mg/kg, la concentración de Níquel es de 12.18 mg/kg menor al límite de 60 mg/kg y la concentración de Plomo es menor a 0.2 mg/kg menor al límite de 150 mg/kg. El cual no cumple los valores del ECA-RM. 182-2017-MINAM para ser considerado como un suelo agrícola, así mismo no puede ser considerado un fertilizante orgánico o un compost al superar los valores establecidos en la RM-0178-2023-MIDAGRI.

4.3. Características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales por el método de reactor BATCH

Tabla 5 Características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales por el método de reactor BATCH

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS	ECA-RM. 182-2017-MINAM Suelo Agrícola	RM-0178-2023-MIDAGRI Fertilizante orgánico	RM-0178-2023-MIDAGRI Compost
Microbiológico					
Coliformes Fecales	NMP/g	1 600 000,00	N/E	N/E	1000
Propiedades físico-químicas					
Conductividad	µS/cm	3 564,00	N/E	N/E	5000
pH - Suelo	Unidad de pH	7,28	N/E	<5	N/E
Carbono Orgánico Total	%	30,63	N/E	<15%	N/E
Relación C/N		50.2	N/E	30/1	<10
Macronutrientes					
Nitrógeno Total	mg/Kg	6 101,00	N/E	<1%	0.3 %
Fosforo ( )	mg/Kg	2 065,65	N/E	<1%	0.1%
Potasio. ( )	mg/Kg	10 140,33	N/E	1%	0.3%
Macronutrientes secundarios					
Magnesio ( )	mg/Kg	4 550,54	N/E	<0.5%	N/E
Calcio ( )	mg/Kg	17 572,4	N/E	<1%	N/E
Micronutrientes					
Aluminio ( )	mg/Kg	5 152,52	N/E	N/E	N/E
Arsénico ( )	mg/Kg	<0,10	50	N/E	20
Bario ( )	mg/Kg	131,10	750	N/E	N/E
Boro ( )	mg/Kg	<0,10	N/E	N/E	N/E

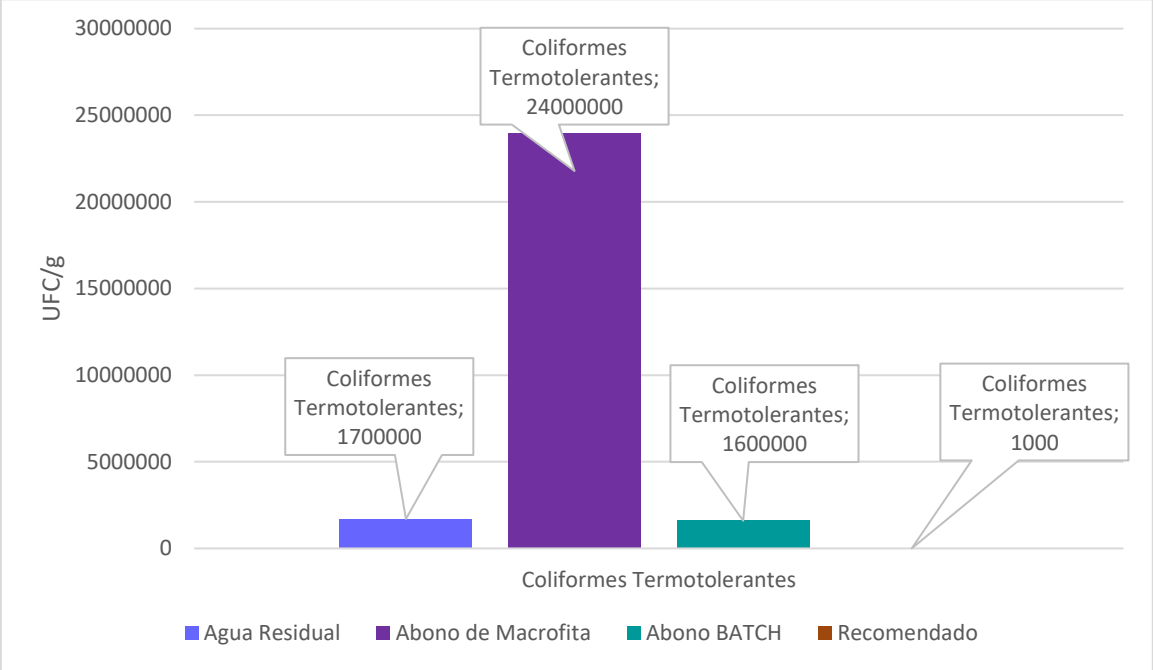
Cadmio ( )	mg/Kg	1,179	1.4	N/E	1
Cobre ( )	mg/Kg	14,822	N/E	N/E	N/E
Cromo ( )	mg/Kg	11,30	0.4	N/E	100
Hierro ( )	mg/Kg	15 949,56	N/E	N/E	N/E
Litio ( )	mg/Kg	6,292	N/E	N/E	N/E
Manganeso ( )	mg/Kg	762,99	N/E	N/E	N/E
Mercurio ( )	mg/Kg	<0,04	6.6	N/E	1
Niquel ( )	mg/Kg	8,87	N/E	N/E	60
Plomo ( )	mg/Kg	<0,20	70	N/E	150
Zinc ( )	mg/Kg	86,43	N/E	N/E	N/E

En la tabla 5, observamos las Características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita *(Eichhornia crassipes)* proveniente del tratamiento de aguas residuales por el método de reactor BATCH, donde comparado los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos, este no es apto como suelo agrícola, debido principalmente a la presencia elevada de Cromo de 11.30 mg/Kg superando el límite de 0.4 mg/kg. Así mismo se comparó con las características potenciales de fertilizantes, abonos y otros establecidos en el RM-0178-2023-MIDAGRI, comparado con las características para un fertilizante orgánico, en lo microbiológico no especifica una limite; con respecto a las propiedades físicoquímicas este presenta un pH apropiado de 7.28 H+ mayor a 5 H+, además de un contenido de Carbono Orgánico de 30.63 mayor al 15%, una relación de C/N de 50.2/1 superior a 30/1; considerando los macronutrientes se tiene una concentración de Nitrógeno de 0.61% menor a lo requerido de 1%, una concentración de Fosforo de 0.2% menor a lo requerido de 1% y la concentración de Potasio de 1.01% mayor al 1% requerido; así mismo los macronutrientes secundaros como el Magnesio presenta una concentración de 0.45% menor a lo requerido de 0.5% y el contenido de Calcio con una concentración de 1.75% mayor al 1% requerido. Comparado con los requerimientos para un compost, en lo microbiológico presenta un concentración de

1.6 x 10e6 NMP/ g superando el límite de 1000 NMP/g ; con respecto a las propiedades físicoquímicas este presenta una Conductividad de 3564 us/cm estado dentro del límite de 5000 us/ cm y una relación de C/N de 50.2/1 superior a 10/1; considerando los macronutrientes se tiene una concentración de Nitrógeno de 0.61% mayor a lo requerido de 0.3%, una concentración de Fosforo de 0.2% mayor a lo requerido de 0.1% y la concentración de Potasio de 1.01% mayor al 0.3% requerido; así mismo los micronutrientes tenemos al Arsénico con una concentración menor de 0.1 mg/kg dentro del límite de 20mg/kg, así mismo el Cadmio con una concentración de 1.1 mg/kg levemente por el límite de 1 mg/kg, la concentración de Cromo es de 11.30 mg/kg menor al límite de 100mg/kg, la concentración de Mercurios es menor a 0.04 mg/kg mucho menor al límite de 1 mg/kg, la concentración de Níquel es de 8.87 mg/kg menor al límite de 60 mg/kg y la concentración de Plomo es menor a 0.2 mg/kg menor al límite de 150 mg/kg. El cual no cumple los valores del ECA-RM. 182-2017-MINAM para ser considerado como un suelo agrícola, así mismo no puede ser considerado un fertilizante orgánico, pero si un compost al superar los valores establecidos en la RM-0178-2023-MIDAGRI, solo superando los valores de Coliformes.

4.4. Factibilidad de uso de la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abono orgánico por el método de reactor BATCH

Figura 12 Concentración de Coliformes Termo tolerantes en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales



El agua residual respectivamente convertido de mililitro a gramos por ser semejantes de unidades en con respecto a que 1ml de agua pesa 1 g.

En la figura 12, se aprecia la concentración de Coliformes Termo tolerantes, en los tres productos los niveles de Coliformes Termo Tolerantes supera los niveles recomendados que es menor a 1000 UFC/G, así mismo se observa que la concentración de coliformes de las aguas residuales es de 1.7 x10e6 UFC/ml, seguidamente el abono de Macrofita aumenta la concentración hasta los 240 x10e6 UFC/g y luego de aplicarle el método BATCH esta concentración se reduce hasta

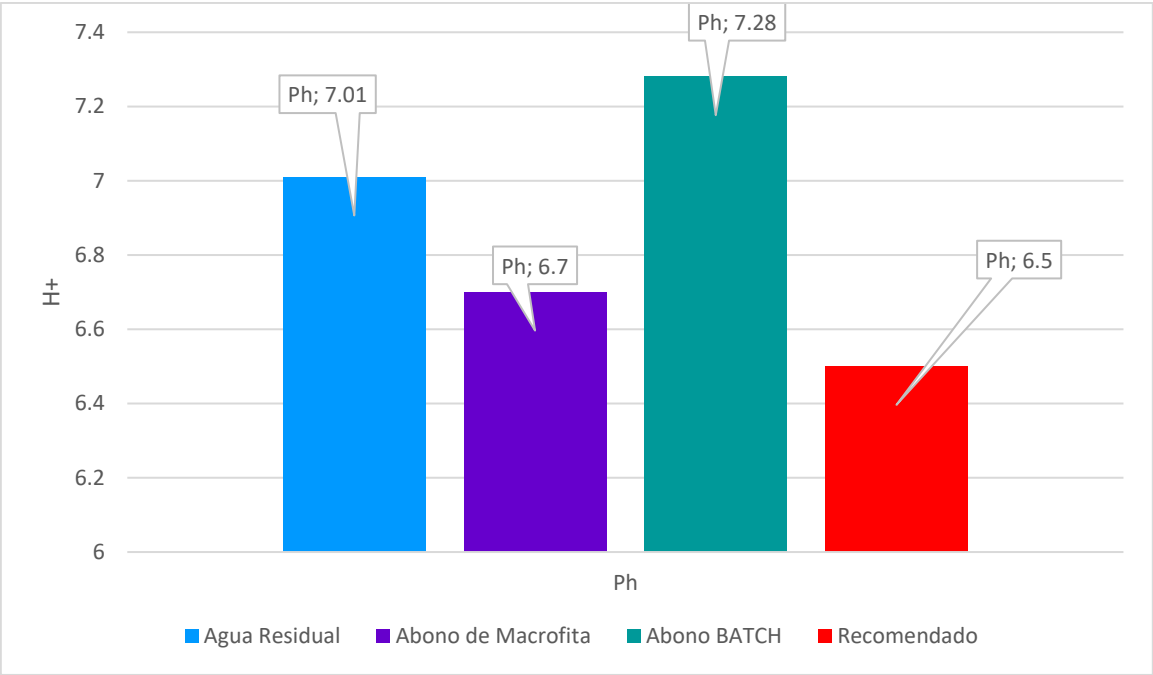
los 1.6 x10e6, se observa que existe una eficiencia de reducción de los coliformes termo tolerantes 99.3% con respecto al abono de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado con el método BATCH.

Tabla 6 Análisis de Varianza de la concentración de coliformes Termo tolerantes en el abono de macrofita y el agua residual

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1.13669E+17	5.68346E+16	93.42	0.000
Error	6	3.65030E+15	6.08383E+14		
Total	8	1.17319E+17			

En la tabla 6, se aprecia el Análisis de Varianza de la concentración de coliformes Termo tolerantes en el abono de macrofita y el agua residual, donde se obtuvo un valor p de 0.000 menor a 0.05 de significancia, donde podemos aceptamos la hipótesis alterna que no todas las medias son iguale y existe diferencia significativa entre las medias de concentración de coliformes Termo tolerantes.

Figura 13 Nivel de pH del abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales



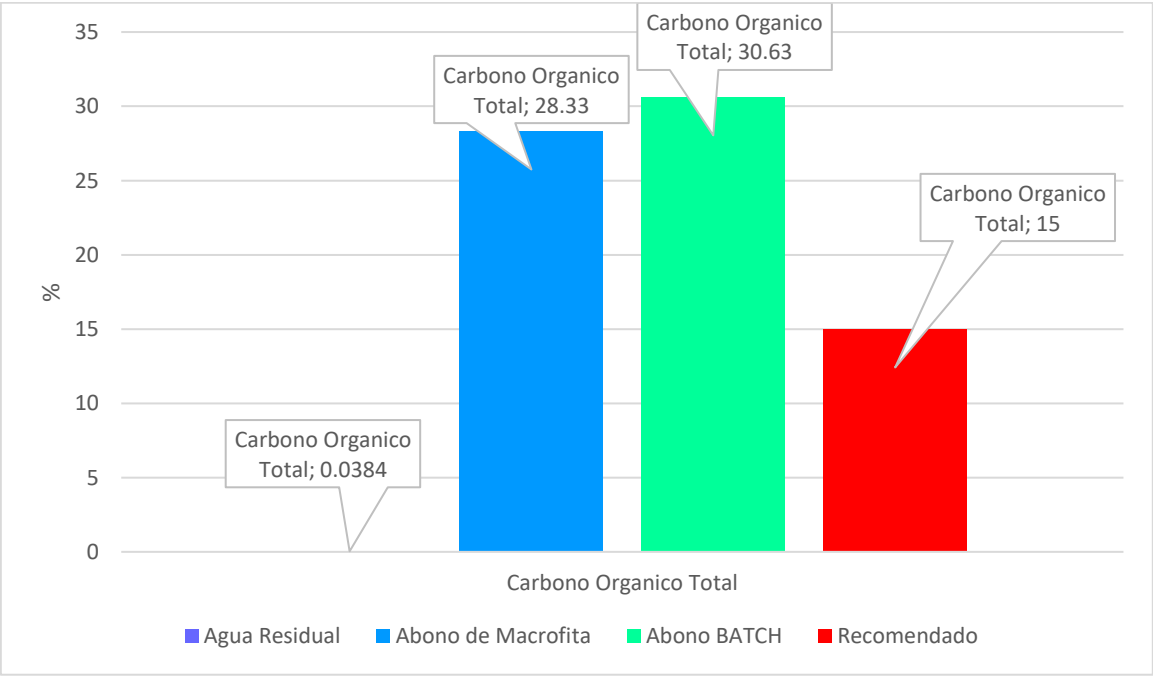
En la figura 13, se aprecia el Nivel de pH del abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales, en los tres productos los niveles de pH están dentro de lo recomendado que de 6.5 a 8.5 H+, así mismo se observa que el pH de las aguas residuales es de 7.01 H+ siendo neutro, seguidamente el pH del abono de Macrofita reduce el nivel de pH a 6.7 H+ siendo ahora este ligeramente ácido y luego de aplicarle el método BATCH este pH aumenta a 7.28 H+ siendo ligeramente alcalino, lo cual se observa que existe una eficiencia de alcalización del pH del 7.9% con respecto al abono de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado con el método BATCH.

Tabla 7 Análisis de Varianza del nivel de pH en el abono de macrofita y el agua residual

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.5350	0.26748	10.61	0.011
Error	6	0.1512	0.02520		
Total	8	0.6862			

En la tabla 7, se aprecia el Análisis de Varianza del nivel de pH en el abono de macrofita y el agua residual, donde se obtuvo un valor p de 0.011 menor a 0.05 de significancia, donde podemos aceptamos la hipótesis alterna que no todas las medias son iguale y existe diferencia significativa entre las medias de pH.

Figura 14 Concentración del Carbono Orgánico en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales.



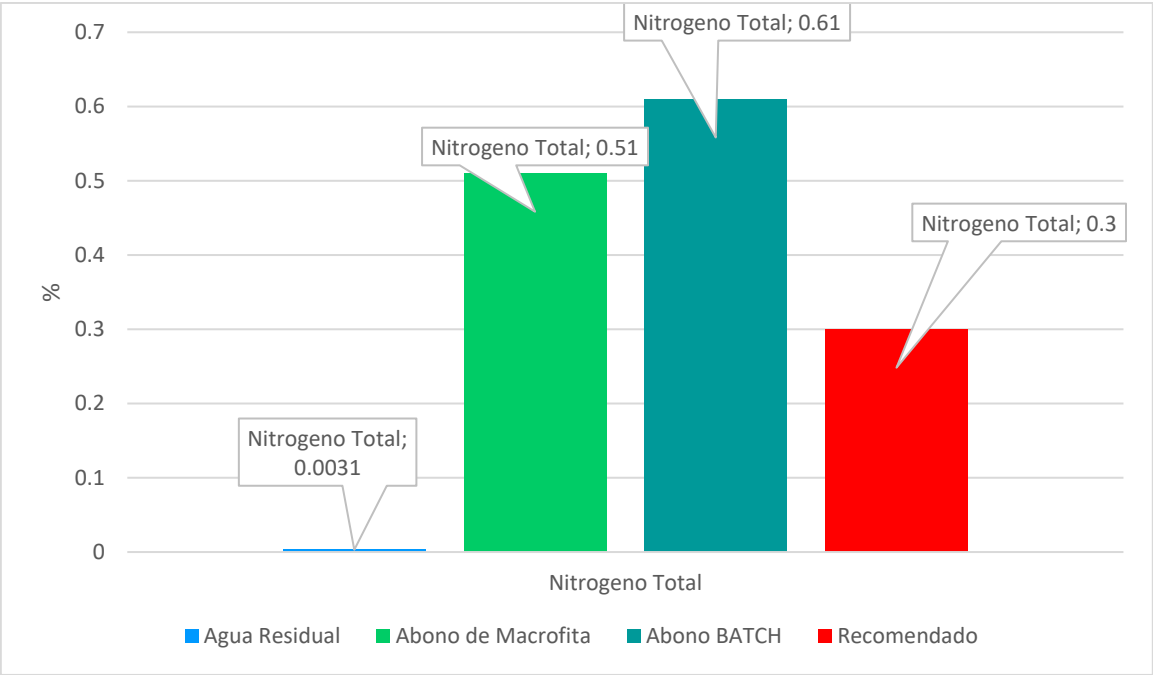
En la figura 14, se aprecia la Concentración del Carbono Orgánico en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales, en los dos abono cumplen los niveles recomendados que es mayor al 1% de Carbono Orgánico, así mismo se observa que la concentración de en las aguas residuales es de 0.0384%, seguidamente el abono de Macrofita aumenta la concentración hasta los 28.33% y luego de aplicarle el método BATCH esta concentración aumenta hasta el 30.63%, se observa que existe una eficiencia de aumento de la concentración de Carbono Orgánico del 8.11% con respecto al abono de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado con el método BATCH.

Tabla 8 Análisis de Varianza de la concentración Carbono Orgánico en el abono de macrofita y el agua residual

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1741.60	870.798	321.78	0.000
Error	6	16.24	2.706		
Total	8	1757.83			

En la tabla 8, se aprecia el Análisis de Varianza de la concentración Carbono Orgánico en el abono de macrofita y el agua residual, donde se obtuvo un valor p de 0.000 menor a 0.05 de significancia, donde podemos aceptamos la hipótesis alterna que no todas las medias son iguale y existe diferencia significativa entre las medias de concentración de Carbono Orgánico.

Figura 15 Concentración del Nitrógeno Total en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales



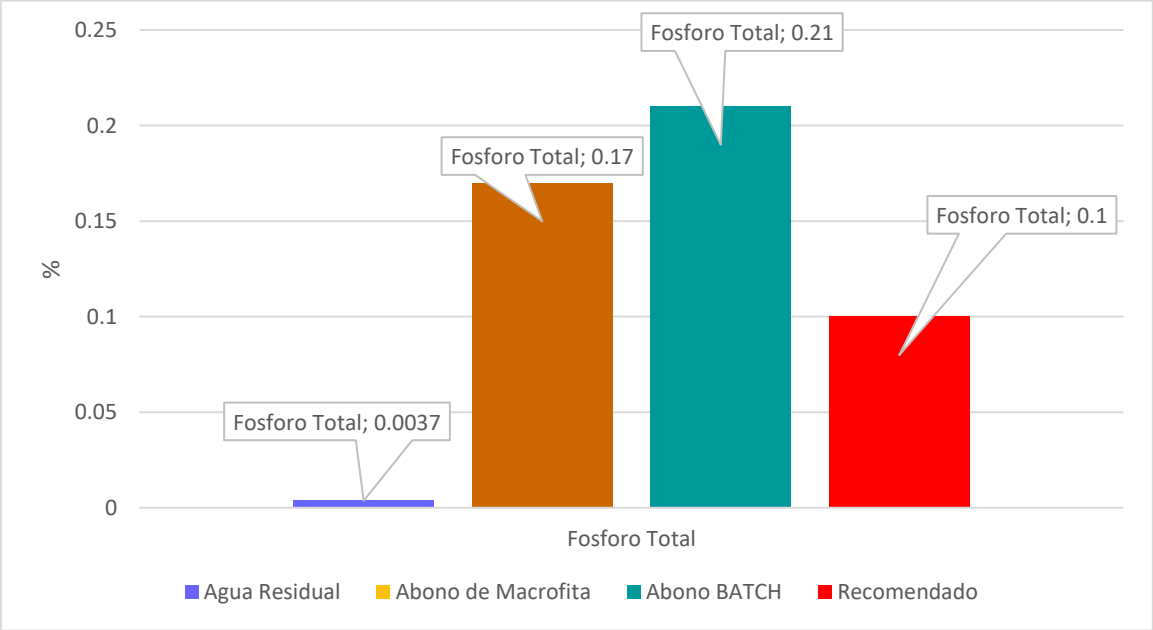
En la figura 15, se aprecia la Concentración del Nitrógeno Total en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales, en los dos abono cumplen los niveles recomendados que es mayor al 0.3% de Nitrógeno Total, así mismo se observa que la concentración de en las aguas residuales es de 0.0031%, seguidamente el abono de Macrofita aumenta la concentración hasta los 0.51% y luego de aplicarle el método BATCH esta concentración aumenta hasta el 0.61%, se observa que existe una eficiencia de aumento de la concentración de Nitrógeno Total del 19.6% con respecto al abono de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado con el método BATCH.

Tabla 9 Análisis de Varianza de la concentración del Nitrógeno Total en el abono de macrofita y el agua residual

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.64107	0.320534	75.37	0.000
Error	6	0.02552	0.004253		
Total	8	0.66658			

En la tabla 9, se aprecia el Análisis de Varianza de la concentración del Nitrógeno Total en el abono de macrofita y el agua residual, donde se obtuvo un valor p de 0.000 menor a 0.05 de significancia, donde podemos aceptamos la hipótesis alterna que no todas las medias son iguale y existe diferencia significativa entre las medias de concentración del Nitrógeno Total.

Figura 16 Concentración del Fosforo Total en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales



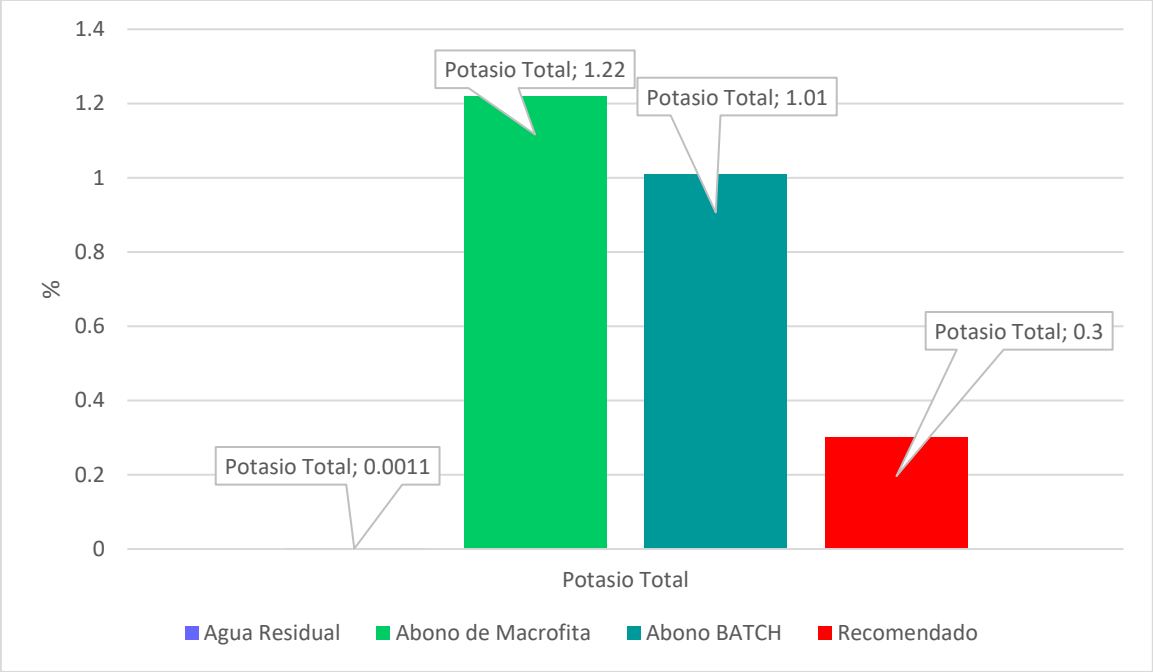
En la figura 16, se aprecia la Concentración del Fosforo Total en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales, en los dos abono cumplen los niveles recomendados que es mayor al 0.1% de Fosforo Total, así mismo se observa que la concentración de en las aguas residuales es de 0.0037%, seguidamente el abono de Macrofita aumenta la concentración hasta los 0.17% y luego de aplicarle el método BATCH esta concentración aumenta hasta el 0.21%, se observa que existe una eficiencia de aumento de la concentración de Fosforo Total del 21.4% con respecto al abono de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado con el método BATCH.

Tabla 10 Análisis de Varianza de la concentración del Fosforo Total en el abono de macrofita y el agua residual

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.075993	0.037996	29.48	0.001
Error	6	0.007734	0.001289		
Total	8	0.083727			

En la tabla 10, se aprecia el Análisis de Varianza de la concentración del Fosforo Total en el abono de macrofita y el agua residual, donde se obtuvo un valor p de 0.001 menor a 0.05 de significancia, donde podemos aceptamos la hipótesis alterna que no todas las medias son iguale y existe diferencia significativa entre las medias de concentración del Fosforo Total.

Figura 17 Concentración del Potasio Total en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales



En la figura 17, se aprecia la Concentración del Potasio Total en el abono de macrofita *Eichhornia crassipes* obtenida por el método de reactor BATCH y las aguas residuales, en los dos abono cumplen los niveles recomendados que es mayor al 0.3% de Potasio Total, así mismo se observa que la concentración de en las aguas residuales es de 0.0011%, seguidamente el abono de Macrofita aumenta la concentración hasta los 1.22% y luego de aplicarle el método BATCH esta concentración disminuye hasta el 1.01%, se observa que existe una eficiencia de reducción de la concentración de Potasio Total del 17.21% con respecto al abono de la macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado con el método BATCH.

Tabla 11 Análisis de Varianza de la concentración del Potasio Total en el abono de macrofita y el agua residual

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	2.5568	1.27842	28.24	0.001
Error	6	0.2717	0.04528		
Total	8	2.8285			

En la tabla 11, se aprecia el Análisis de Varianza de la concentración del Potasio Total en el abono de macrofita y el agua residual, donde se obtuvo un valor p de 0.001 menor a 0.05 de significancia, donde podemos aceptamos la hipótesis alterna que no todas las medias son iguale y existe diferencia significativa entre las medias de concentración del Potasio Total.

Tabla 12 Factibilidad de uso de la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH

Parámetro	Agua Residual	Abono de Macrofita	Abono BATCH	RM-0178-2023-MIDAGRI - Compost
Coliformes Termo tolerantes	1.7x10e6	240x10e6	1.6x10e6	1000
pH	7.01	6.7	7.28	6.5
Carbono Orgánico	0.0384	28.33	30.63	15
Nitrógeno Total	0.0031	0.51	0.61	0.3
Fosforo Total	0.0037	0.17	0.21	0.1
Potasio total	0.0011	1.22	1.01	0.3

En la tabla 12, se observa el análisis de Factibilidad de uso de la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH, el agua residual

como abono o componente de nutriente agrícolas no presenta una factibilidad aceptable, donde para poder cumplir con los valores de recomendados o aporte recomendado se tendría que utilizar 200 litros de agua residual, así mismo el abono obtenido de la Macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono tratado por el método BATCH si cumplen con los requisitos mínimos de nutrientes para ser utilizado como Compost. Cabe indicar que en limite microbiológico es donde se ven sobre pasando en gran magnitud, el cual reduciría la factibilidad para ser utilizado como Campos o un abono orgánico alternativo.

Tabla 13 Análisis de Varianza del Abono de la Macrofita *Eichhornia crassipes* y el abono obtenido por el método BATCH

Parámetro	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Coliformes Termo tolerantes	238400000	20139224	(176595875; 300204125)	11.84	0.000
pH	-0.597	0.130	(-0.994; -0.199)	-4.60	0.009
Carbono Orgánico	-2.31	1.34	(-6.43; 1.82)	-1.72	0.274
Nitrógeno Total	-0.1020	0.0532	(-0.2654; 0.0614)	-1.92	0.215
Fosforo Total	-0.0433	0.0293	(-0.1333; 0.0466)	-1.48	0.365
Potasio total	0.213	0.174	(-0.320; 0.747)	1.23	0.481

En la Tabla 13 se presenta el análisis de varianza del abono obtenido a partir de la macrófita *Eichhornia crassipes* y del método BATCH. Los resultados indican que existe una diferencia significativa entre las medias en la concentración de coliformes termotolerantes, así como en el nivel de pH. Por otro lado, en las concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo total y potasio total,

no se observa una diferencia significativa entre las medias. En conclusión, las únicas diferencias significativas se identifican en los coliformes termotolerantes y el pH, siendo la diferencia más destacada la correspondiente a los coliformes termotolerantes.

En comparación con otros estudios, los resultados obtenidos por Delgado (2018) en la elaboración de abono orgánico a partir de vísceras de pescado mostraron concentraciones de nitrógeno entre 0.16% y 0.34%, fósforo entre 0.03% y 0.12%, y potasio entre 0.02% y 0.04%. Por otro lado, Arizaga y Balladares (2021) utilizaron la técnica del bocashi y la obtención de humus a partir de residuos de mercados, obteniendo concentraciones de nitrógeno de 59.2 y 22.8 mg/g, fósforo de 1316.8 y 429.6 mg/g, y potasio de 15724.4 y 5136.6 mg/g, respectivamente. Gutiérrez et al. (2019) produjeron abono orgánico a partir de la producción de alfalfa, con concentraciones de nitrógeno de 0.32%, fósforo de 1.12%, potasio de 0.39% y un pH de 3.59 H+. En otro estudio, Rojas et al. (2020) caracterizaron los nutrientes de abonos orgánicos líquidos, encontrando que los lixiviados de vermicompost presentaron las concentraciones más altas de elementos mayores, con nitrógeno, fósforo y potasio en 1.27%, 1.17% y 2.04%, respectivamente. Además, Villanera (2018) produjo abonos orgánicos en biodigestores tipo lote utilizando orina humana y estiércol vacuno, obteniendo los siguientes resultados para los macronutrientes del biol: nitrógeno 4291.00 mg/l, fósforo 334.83 mg/l y potasio 1090.00 mg/l. Un aspecto preocupante es que el 40% de la fertilización se realiza con nitrógeno, lo cual es un problema ambiental significativo, ya que la contaminación por nitratos en

el agua está muy extendida y alcanza niveles peligrosos en muchas partes del mundo (Montes y Anaya, 2019).

La presencia de coliformes es común en niveles elevados, como se observa en el estudio de Kyakuwaire et al. (2019), donde evaluaron la presencia de microorganismos en abonos elaborados a partir de desechos de pollos. En este caso, los recuentos de cepas patógenas de *Escherichia coli* (10^5–10^10 UFC/g) y bacterias coliformes (10^6–10^8 UFC/g) superaron los límites máximos permisibles (LMP) para su aplicación en la tierra. Uno de los principales inconvenientes relacionados con los subproductos generados por las aguas residuales domésticas es la presencia de patógenos.

Se ha observado que los abonos derivados de estos subproductos tienen una alta densidad bacteriana del grupo Cocobacillus Gram-negativo. Los microorganismos presentes son diversos, y su cantidad y tipo dependen de los compuestos orgánicos o inorgánicos que pueden utilizar como fuente de carbono y energía. Además, el metabolismo microbiano se ve influenciado por factores ambientales como el pH, la temperatura, la humedad, el oxígeno, los nutrientes y las sustancias tóxicas (Pérez et al., 2010). Sin embargo, el crecimiento acelerado de las aguas residuales domésticas ha dado lugar a un incremento en la generación de lodos, lo que ha motivado la búsqueda de usos alternativos para estos subproductos (Araujo et al., 2018). En este contexto, la elaboración de abonos orgánicos se presenta como una estrategia agroecológica y una alternativa sostenible para el manejo y aprovechamiento de los residuos generados en diversas actividades (Perales et al., 2019).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que si es factible el uso de la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH cumpliendo con la composición de macronutrientes mínimas recomendadas par aun compost según la RM-0178-2023-MIDAGRI.
- La característica física química de las aguas residuales presenta un pH de 7.01 H+, Conductividad de 815 us/cm, Carbono Orgánico de 384 mg/L, Nitrógeno total de 31.226 mg/L, Fosforo de 3.81 mg/L y Potasio de 11.62 mg/L.
- La característica físico química de la Macrofita *Eichhornia crassipes* como abono presenta un pH de 6.70 H+, Conductividad de 5216 us/cm, Carbono Orgánico de 28.33 %, Nitrógeno total de 0.516 %, Fosforo de 0.174 % y Potasio de 1.229 %.
- La característica físico química de la Macrofita *Eichhornia crassipes* como abono tratado por el método BATCH presenta un pH de 7.28 H+, Conductividad de 3 564 us/cm, Carbono Orgánico de 30.63 %, Nitrógeno total de 0.610 %, Fosforo de 0.206 % y Potasio de 1.014 %.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se aplique un pre tratamiento al abono de la Macrofita *Eichhornia crassipes*, para reducir el contenido de microorganismos patógenos.
- Se recomienda seguir utilizando la macrofita *Eichhornia crassipes* proveniente del tratamiento de aguas residuales para la producción de abonos orgánicos, dado que cumple con los requisitos de composición de macronutrientes mínimos establecidos por la RM-0178-2023-MIDAGRI, lo que lo convierte en una alternativa viable y sostenible para la agricultura.
- Es recomendable implementar prácticas de tratamiento adicionales para mejorar las características físico-químicas del abono producido, como el aumento de la conductividad y la optimización del contenido de nutrientes (como nitrógeno y fósforo), con el fin de maximizar la calidad del compost y hacerlo más adecuado para diferentes tipos de cultivos.
- Se sugiere realizar un monitoreo continuo de las características físico-químicas de las aguas residuales, tales como pH, conductividad, y concentración de nutrientes (como nitrógeno y fósforo), con el fin de ajustar las condiciones del proceso de tratamiento de *Eichhornia crassipes* para mantener la eficiencia del proceso y garantizar un producto final de alta calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, L., Molina, S., & Noguera, L. (2018). Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcció. *Recista Agunkuyaa, 1*, 21-28. Obtenido de https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/view/1231/1103

Arizaga Gamboa, R., & Balladares Montero, J. (2021). Elaboración de abonos orgánicos mediante dos técnicas de compostaje en mercados del cantón la troncal. *Sathiri:Sembrador, 16*(1), 144-154. Obtenido de https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/1046/2515

BBVA. (30 de Agosto de 2023). *https://www.bbva.com*. Obtenido de https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-tipo-de-residuos-existen-y-como-se-categorizan-vida-y-procesamiento/

DELGADO TAMAYO, E. (2018). *“Elaboración de abono orgánico a partir de.* Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa. Obtenido de https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/648e22e7-6f38-4cf1-86a5-3e0aa013cc38/content

EMAPACOP.S.A. (2023). *Resultados de Gestion-Octubre 2023.* Pucallpa: La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Coronel Portillo Sociedad Anónima. Obtenido de https://www.emapacopsa.com.pe/doc/ode/301023/RG-OCT2023.pdf

FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso.* Paris: Asociacion Internacional de la industria de los Fertilizantes. Obtenido de https://www.fao.org/3/x4781s/x4781s.pdf

García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano Bracamonte, S., & Chirino Argenta, M. (2010). *Habitantes del agua. Macrófitos.* Andalucía: Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Obtenido de https://distritoforestal.es/images/Art%C3%ADculos/1080x888/macrofitos.pdf

Gutiérrez Arce, F., Díaz Plasencia, S., Rojas Vásquez, Z., Gutiérrez Arce, W., & Vallejos Fernádez, L. (2019). Elaboración de abono orgánico (biol) para su utilización en la. *REV. PERSPECTIVA, 20*(4), 441-447. Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/df99/242b409e0d61a730230203e0565aca73f15e.pdf

Hanan Alipi , A., & Mondragón Pichardo, J. (29 de Agosto de 2009). *http://www.conabio.gob.mx*. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/pontederiaceae/eichhornia-crassipes/fichas/ficha.htm

IA. (13 de Octubre de 2020). *https://postgradoingenieria.com*. Obtenido de https://postgradoingenieria.com/tipos-abonos-para-plantas/

Ivanova, Y., Tristán, M., Romero, M., Charry, A., Lema, S., Choy, J., . . . Quintero, M. (2020). *Hacia una cadena de palma aceitera, que contribuya a la conservación de bosques y reducción de gases de efecto invernadero en la*

región Ucayali. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Sanchez-Choy/publication/344702308_Hacia_una_cadena_de_palma_aceitera_que_contribuya_a_la_conservacion_de_bosques_y_reduccion_de_gases_de_efecto_invernadero_en_la_region_Ucayali/links/5f8a2334458515b7cf852998/Haci

Kyakuwaire, M., de Giregon, O., Amoding, A., Nkedi-Kizza, P., & Ateenyi Basamba, T. (2019). ¿Qué tan segura es la aplicación de desechos de pollo en la tierra como fertilizante orgánico?: Una revisión. *Int. J. Environ. Res. Salud Pública, 16*(19). Obtenido de https://www.mdpi.com/1660-4601/16/19/3521

Mendieta Morrillo, E., & Zambrano Valdéz, B. (2019). *Efecto de un biodegradador enzimático comercial en la producción de biol a partir de jacinto de agua (eichhornia crassipes solms).* Manabí: ESPAM MFL. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/977

Mercado Guzmán, Á., Cossío Grágeda, C., & Copa Mitma, M. (2020). Eficiencia vinculada a la operación y mantenimiento de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en Cochabamba, Bolivia. *ACTA NOVA, 9*(4), 524-542. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alvaro-Mercado/publication/352731694_Eficiencia_vinculada_a_la_operacion_y_mantenimiento_de_pequenas_plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales_domesticas_en_Cochabamba_Bolivia/links/61a0367ff1d62445716b2e0a/Eficiencia

MIDAGRI. (2022). *Panorama nacional e internacional del mercado de fertilizantes inorgánicos.* Lima: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2962887/Mercado%20de%20fertilizantes%20inorg%C3%A1nicos.pdf

Montes Rojas, C, & Anaya Flórez, M. (2019). Efecto de la fertilización con abono orgánico (A.L.O.F.A) en plantas de café (coffea arábica). *Scientia Et Technica, 24*(2), 340-348. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/849/84961237021/84961237021.pdf

Orellana Tobar, S., & Anaya Hernández, A. (2021). Efecto del compost de Eichhornia crassipes en la calidad de plantas en vivero de Theobroma cacao. *Project Design and Management, 3*(1). Obtenido de https://www.mlsjournals.com/Project-Design-Management/article/view/612

Perales Molina, M., López Salas, I., López Jiménez, G., & Vanegas Cerpa, D. (2019). Implementación de microorganismos eficientes para la elaboración de abono orgánico compostado en el Centro Biotecnológico del Caribe. *GIPAMA, 1*(1), 5-8. Obtenido de https://revistas.sena.edu.co/index.php/gipama/article/download/3186/3668

Pérez C. Ricardo, Pérez C. Alexander, & Vertel M. Melba. (2010). Caracterización nutricional, físicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en la subregión Sabanas del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga, 5*, 27-37. Obtenido de

https://repositorio.unisucre.edu.co/server/api/core/bitstreams/6fb11e2f-b4e8-4544-aaa1-5ad4d6b5f126/content

Quispe Benavides , K., Guadalupe Baylón, N., Diaz Avalos, H., & Diaz Panduro, H. (2021). Utilización de Eichhornia crassipes y Lemna minor en la remoción de nitrógeno y fósforo de las aguas residuales de la laguna de oxidación de la ciudad de Pucallpa, Perú. *Ciencia Latina, 5*(3), 2813-2827. Obtenido de https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/491

Ramírez Gerardo, M., Ibáñez Ocampo, L., Arévalo Galindo, J., & Vásquez González, G. (2023). Jacinto de agua (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) como sustrato de germinación y abono orgánico para hortalizas. *Nova Scientia, 15*(31), 1-12. Obtenido de https://novascientia.lasallebajio.edu.mx/ojs/index.php/Nova/article/view/3110

Ramírez Leyva, J., Portillo Vega, E., Román Figueroa, A., & Ramírez Leyva, Y. (2024). Uso del Lírio Acuático Eichhornia Crassipes en la Elaboración de Lombricomposta para Producir Plántulas de Hortalizas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar,* 7(6), 6215-6233. Obtenido de https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9162

Ramírez-Iglesias, E., González González, J., & Gonzáles Quirola, C. (2023). Alternativa biorremediadora en el tratamiento de aguas residuales del Cantón El Pangui – Ecuador con Eichhornia crassipes. *Petroglifos. Revista Crítica Transdisciplinar, 6*(2), 1-25. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Elizabeth-Ramirez-Iglesias/publication/374919735_Alternativa_biorremediadora_en_el_tratamiento_de_aguas_residuales_del_Canton_El_Pangui_-_Ecuador_con_Eichhornia_crassipes/links/653691341d6e8a7070490570/Alternativa-bior

Reyes-Pérez, J., Luna-Murillo, R., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Hernández-Montie, L., Rueda-Puente, E., & Preciado-Rangel, P. (2018). USO DE VERMICOMPOST Y COMPOST DE JACINTO DE AGUA (Eichhornia crassipes) EN EL CRECIMIENTO DE COL MORADA (Brassica oleracea). *INTERCIENCIA, 42*(9), 610-616. Obtenido de https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/829/1/Reyes%20P%C3%A9rez%20Juan%20J.pdf

Rivas-Nichorzon, M., & Silva-Acuña , R. (2020). Calidad Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (Eichhornia Crassipes). *Revista Ciencia UNEMI, 13*(32), 87-100. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8375285

Rojas-Pérez, F., PALMA LÓPEZ, D., Salgado-García, S., Obrador-Olán, J., & Arreola-Enríquez, J. (2020). Elaboración y caracterización nutrimental de abonos orgánicos líquidos en condiciones tropicales. *Agro Productividad, 13*(4). Obtenido de https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1590

Salazar Garcia, A., Vidal Fare, J., & Vela Casanova, M. (2021). *Material de capacitación. Abonos Orgánicos.* Vallegrande: Instituto de Capacitación del Oriente. Obtenido de https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2022/02/Abonos-organicos_ICO.pdf

Vargas, A., Calderón, J., Velásque, D., Castro, M., & Núñez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 28*(2), 315-32. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052020000200315&script=sci_arttext

Villanera Ávila, M. (2018). *Producción de abonos orgánicos en biodigestores tipo lote utilizando la orina humana y estiércol vacuno para bioensayos de germinación con semillas de lechuga (Lactuca sativa L).* Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33882

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variable**	**Diseño metodológico**
General	General	General	**Variable dependiente** Eichhornia crassipes Dimensiones Composición de la macrofita □ pH □ Conductividad □ Nitrógeno □ Fosforo □ Potasio □ Metales totales □ Carbono Orgánico □ Coliformes Fecales Composición del Agua residual □ pH □ Conductividad □ Nitrógeno □ Fosforo □ Potasio □ Metales totales □ Carbono Orgánico □ Coliformes Fecales **Variable independiente** Abono orgánico por el método de reactor BATCH Dimensiones Composición del Abono □ pH □ Conductividad □ Nitrógeno □ Fosforo □ Potasio □ Metales totales □ Carbono Orgánico □ Coliformes Fecales	Enfoque Cuantitativo Tipo de investigación Aplicada Nivel de investigación Descriptivo Diseño Experimental Temporalidad Transversal
• ¿Es factible utilizar la macrofita Eichhornia crassipes proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH, Ucayali 2024?	• Evaluar la factibilidad de la macrofita Eichhornia crassipes proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH, Ucayali 2024	Si es factible utilizar la macrofita Eichhornia crassipes proveniente del tratamiento de aguas residuales para la elaboración de abonos orgánico por el método de reactor BATCH, Ucayali 2024		
Específicos	Específicos			
• ¿Cuáles son las características físico químicas de las aguas residuales domesticas? • ¿Cuáles son las características físico química de la Macrofita (Eichhornia crassipes) proveniente de aguas residuales? • ¿Cuáles son las características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita (Eichhornia crassipes) proveniente de aguas residuales por el método de reactor BATCH?	• método de reactor BATCH Determinar las características físico químicas de las aguas residuales domesticas • Determinar las características físico química de la Macrofita (Eichhornia crassipes) proveniente de aguas residuales • Determinar las características físico químicas del abono obtenido de la Macrofita (Eichhornia crassipes) proveniente de aguas residuales por el			

Anexo 2: Panel fotográfico

Figura 18 Marcrofita recolectada



Figura 19 Recolección de macrofitas



Figura 20 Recolección de muestra de agua residual



Figura 21 Medición de parámetros de campo de las aguas residuales



Figura 22 Procesado y molienda de macrofitas para elaboración de abono



Figura 23 Colocación de macrofitas procesadas en biorreactor



Figura 24 Pre filtrado de abono obtenido



Figura 25 Recolección de muestra para el envio a análisis

