



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Aplicación de biofertilizante a partir de la planta Azolla sp. en el
suelo del fundo Don Dionisio - Huaral, Lima, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Ccorahua Retuerto, Nahomy Maryflor (orcid.org/0000-0002-7129-9383)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (orcid.org/0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, ya que gracias a ellos he logrado concluir esta importante etapa de mi vida, por su apoyo, paciencia y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto por compartir su enseñanza, dedicación y paciencia. De igual forma, a mis amistades que me apoyaron en esta etapa universitaria, brindándome compañerismo y apoyo moral.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación de biofertilizante a partir de la planta Azolla sp. en el suelo del fundo Don Dionisio - Huaral, Lima, 2023", cuyo autor es CCORAHUA RETUERTO NAHOMY MARYFLOR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Diciembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| VALDIVIEZO GONZALES LORGIO GILBERTO DNI: 40323063 ORCID: 0000-0002-8200-4640 | Firmado electrónicamente por: LVALDIVIEZOG el 23-12-2023 11:50:35 |

Código documento Trilce: TRI - 0704964



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CCORAHUA RETUERTO NAHOMY MARYFLOR estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicación de biofertilizante a partir de la planta Azolla sp. en el suelo del fundo Don Dionisio - Huaral, Lima, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|--|---|
| CCORAHUA RETUERTO NAHOMY MARYFLOR DNI: 76199205 ORCID: 0000-0002-7129-9383 | Firmado electrónicamente por: NCCORAHUA el 10-01- 2024 20:53:06 |

Código documento Trilce: INV - 1619078

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR | iv |
| DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR | v |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 11 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 11 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 11 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 11 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 13 |
| 3.5. Procedimientos..... | 15 |
| 3.5.1 Delimitación del área de estudio | 15 |
| 3.5.2 Obtención de la planta | 17 |
| 3.5.3 Medición de los puntos de muestreo | 18 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 20 |
| 3.7. Aspectos éticos | 20 |
| IV. RESULTADOS..... | 21 |
| 4.1 Análisis del suelo antes, durante y después del tratamiento | 21 |
| 4.2 Caracterización de Azolla sp..... | 22 |
| 4.3 Medición del crecimiento de la lechuga | 22 |
| 4.4 Estadística Inferencial de los parámetros fisicoquímicos del suelo después de aplicados los tratamientos..... | 23 |
| 4.5 Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo después de aplicados los tratamientos..... | 24 |
| V. DISCUSIÓN | 26 |
| VI. CONCLUSIONES | 30 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 31 |
| REFERENCIAS..... | 32 |
| ANEXOS..... | 37 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación de suelos según su salinización | 9 |
| Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo | 13 |
| Tabla 3. Técnica e Instrumentación | 13 |
| Tabla 4. Materiales y equipos empleados | 14 |
| Tabla 5. Validación de instrumento | 14 |
| Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos del suelo | 21 |
| Tabla 7. Caracterización de Azolla sp. | 22 |
| Tabla 8. Medición de lechuga | 22 |
| Tabla 9. Estadística descriptiva de las líneas | 25 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Etapas de crecimiento de la Azolla sp..... | 5 |
| Figura 2. Delimitación del área de estudio | 12 |
| Figura 3. Procedimiento experimental de la investigación..... | 15 |
| Figura 4. Área de estudio..... | 15 |
| Figura 5. Líneas para emplearse..... | 16 |
| Figura 6. Obtención de las muestras..... | 16 |
| Figura 7. a) Pesado, b) Medición de pH, CE y temperatura | 17 |
| Figura 8. a) Obtención de Azolla sp y b) Generación del biofertilizante..... | 17 |
| Figura 9. Aplicación del biofertilizante | 18 |
| Figura 10. Suelo después del tratamiento | 18 |
| Figura 11. Medición de parámetros fisicoquímicos finales | 19 |
| Figura 12. Control fenológico de la lechuga | 19 |

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el impacto de la aplicación del biofertilizante a base de *Azolla sp.* en las plántulas de lechuga del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023. Para lograr el desarrollo de este trabajo se enfocó en el diseño cuasi experimental. En la aplicación de *Azolla sp.*, por 60 días, se observó un notable aumento en macronutrientes, mejorando la calidad del suelo y aumentando la cosecha de lechuga. Los resultados con el biofertilizante de *Azolla sp.* mostraron un crecimiento excepcional de la lechuga, con raíces que crecieron 22.2 cm en longitud, un diámetro de 85 cm y un total de 40 hojas en este período. En conclusión, estos resultados superaron significativamente a otros métodos de fertilización, como la urea y el suelo libre, lo que resultó en una producción más abundante y de mayor tamaño, lo que a su vez mejoró la oferta en el mercado y enriqueció el suelo con nutrientes para futuras cosechas.

Palabras clave: Biofertilizante, *Azolla sp.*, cultivo de lechuga.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the impact of the application of biofertilizer based on *Azolla sp.* in the lettuce seedlings of the Don Dionisio farm, Huaral - Lima, 2023. To achieve the development of this work, the quasi-experimental design was focused. In the application of *Azolla sp.*, for 60 days, a notable increase in macronutrients was observed, improving soil quality and increasing the lettuce harvest. The results with the *Azolla sp.* biofertilizer showed exceptional lettuce growth, with roots that grew 22.2 cm in length, a diameter of 85 cm and a total of 40 leaves in this period. In conclusion, these results significantly outperformed other fertilization methods, such as urea and free soil, resulting in a more abundant and larger production, which in turn improved the supply on the market and enriched the soil with nutrients for future crops.

Keywords: Biofertilizer, *Azolla sp.*, lettuce cultivation.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno según Paharvi et al., (2021) indican que en la agricultura se ve afectada directamente por los fertilizantes sintéticos, la cual es una amenaza inevitable. Sin embargo, siguen siendo una herramienta importante para la seguridad alimentaria mundial. El uso excesivo de fertilizantes químicos es perjudicial para el medio ambiente, debido a los efectos que reducen la fertilidad y endurecen el suelo. Estos indudablemente influyen en la biodiversidad del suelo, alterando su bienestar debido a su larga persistencia en él. Por esta razón, la agricultura sostenible es el objetivo general que no se puede ignorar del efecto problemático de los fertilizantes sintéticos o químicos (ONU, 2020).

Se considera que el 34% de los diferentes suelos del mundo tienen problemas de descomposición debido a cambios físicos, químicos y biológicos. Las zonas de suelo degradado ascienden a 1.200 millones de h.as, representando el 22% zonas agrícolas del planeta, disminuyendo así los principales macronutrientes presentes en el suelo como el nitrógeno, fósforo y potasio, representando las pérdidas de cosecha a nivel mundial en 25% (Bekuzarova et al., 2020; Poldar et al., 2021)

La mayor parte de la comunidad científica agrícola está de acuerdo en que la agricultura atraviesa una crisis ambiental (Banco Mundial, 2022). Esta crisis es a raíz de la adopción de prácticas agrícolas intensas a base de grandes insumos químicos, lo cual conduce a la degradación de los recursos naturales por medio de procesos como la erosión del suelo, la salinización, la contaminación por pesticidas, la desertificación, la pérdida de masa vegetal y, por lo tanto, una disminución gradual de la productividad (Aldás et al., 2016). Sin embargo, hoy en día debido a la crisis económica, energética y los altos costos de fertilizantes, se considera el uso de alternativas más económicas para los nutrientes que proporcionan nitrógeno; en este caso el uso de *Azolla sp.*

Jama et al., (2023), confirman que se puede eliminar el CO₂ de la atmósfera y minimizar el empleo de combustibles fósiles en la producción y transporte de fertilizantes. Este se realizó, usando un biofertilizante en base a

la planta *Azolla sp.*, con una alta concentración de nitrógeno, el porcentaje de este componente fue comparado con otros fertilizantes como el compost y el biofertilizante con cianobacterias, teniendo estos un porcentaje menor de nitrógeno. Al ser un biofertilizante que puede ser producido en la granja sin combustibles fósiles reduce drásticamente la huella de carbono en la agricultura.

Según la FAO (2013), indica que la agricultura en el Perú es desarrollada en su mayoría por pequeños agricultores quienes representan el 80% de la totalidad, además, son ellos quienes aportan más del 60% de alimentos primordiales para el pueblo peruano. Cabe resaltar que Soto (2021) y Gamboa, Marchese y Tavares (2021) mencionan que el Perú es un país con costas áridas y semiáridas, siendo esto una amenaza constante en la fertilidad del suelo, encaminado a que los cultivos de esta zona sean de menor rendimiento y esto conllevando al daño de la economía de dichas zonas agrícolas, provocando en ocasiones el abandono de estos campos de cultivo.

Por ello, se propone como alternativa el fertilizante a base de *Azolla sp.* debido a que se minimizaría el empleo de fertilizantes químicos puesto que el biofertilizante tiene un aporte nutricional muy similar al fertilizante químico. Además, este biofertilizante no tiene efectos negativos con relación al medio ambiente y por ser orgánico brinda diversidad de nutrientes adicionales.

El presente trabajo de investigación estableció como **problema general**: ¿Cuál es el efecto de la aplicación del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* en el suelo del fundo Don Dionisio- Huaral, Lima, 2023?, por otra parte, en los **problemas específicos** se plantearon lo siguiente: ¿Cuál es la composición química del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* que se aplicará en el suelo del cultivo del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023?, ¿Cuál es el efecto en el desarrollo del cultivo de Lechuga por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023?, ¿Cuál es el efecto de los parámetros fisicoquímicos del suelo por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023?

El presente trabajo de investigación se justificó en el aspecto ambiental, ya que, se consigue un recurso orgánico y que no es tóxico para el medio ambiente, cuyo funcionamiento es de calidad. Para el aspecto social, la calidad de vida de los pobladores se verá beneficiada, pues, al utilizar estos biofertilizantes el cultivo crecerá de forma natural y será beneficioso para la salud. En cuanto al aspecto económico, al utilizar la planta *Azolla sp.*, se genera un producto básico, siendo una alternativa ecológica a bajo costo, este puede incrementar una oferta en la localidad, pues, el Perú anualmente tiende a importar más de un millón de toneladas de fertilizantes sintéticos (Jimenez y Cortez, 2023).

Según la formulación del problema establecido en la investigación, se propuso como **objetivo general**: Analizar el efecto de la aplicación del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* en el suelo del fundo Don Dionisio-Huaral, Lima, 2023, y como **objetivos específicos**: Determinar la composición química del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* que se aplicará en el suelo del cultivo del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023; Evaluar el efecto en el desarrollo del cultivo de Lechuga por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023.; Evaluar el efecto de los parámetros fisicoquímicos del suelo por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023.

Como **hipótesis general**, se plantea: El efecto del biofertilizante a partir de la planta *Azolla sp.* en el suelo es favorable debido a que las hortalizas logran mayor crecimiento, y como **hipótesis específica**: La composición química del biofertilizante es de 0.25% nitrógeno, fósforo 0.5% y potasio 0.55%; El efecto de la aplicación del biofertilizante favorece el crecimiento de la hortaliza en 0.5mm; El efecto de los parámetros fisicoquímicos del suelo es favorable debido a que aumenta sus valores de NPK en un 0.1%.

II. MARCO TEÓRICO

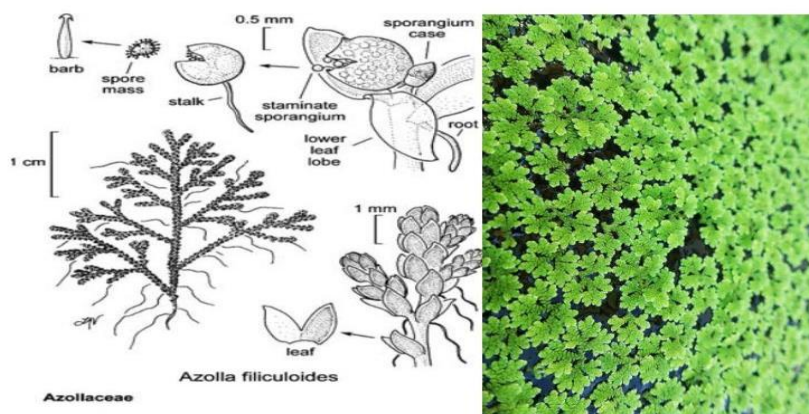
Al aplicar fertilizantes químicos de manera excesiva estos tienen impactos negativos con relación a la calidad de los recursos naturales y la salud humana, principalmente porque el uso de estos genera alteración del pH, de sus macronutrientes como nitrógeno, potasio y fósforo, además, la menor fertilidad del suelo (Du et al., 2022).

En consecuencia, emplear fertilizantes orgánicos juega un papel fundamental al incrementar la disposición de nutrientes para las plantas. El estiércol de cabra con el abono verde de *azolla sp* son fuentes ampliamente disponibles de fertilizantes orgánicos en las comunidades de los agricultores. Asimismo, los resultados del tratamiento combinado produjeron la mayor eficiencia de fertilizante en el uso de Nitrógeno (Utama, Firnia y Natanael, 2015; Widyartini, Hidayah y Insan, 2019; Ramos et al., 2021). Un claro ejemplo es un agricultor en África que pese a estar rodeado de aire que es 79% gas nitrógeno sus cultivos están amarillentos y sedientos de nitrógeno. He ahí la importancia de N_2 en la agricultura, debido a que, este es el responsable de la coloración verde oscuro, componente importante de la clorofila, así como el crecimiento de las plantas (Giller et al., 2019).

La mayor ventaja de los abonos orgánicos tiene relación a que la dosis empleada, también le suministra a la planta microalimentos y un buen pH a favor de la absorción radicular que va entre 6.5 a 7 en la escala del pH (Du et al., 2022). Por consiguiente, en su estado sólido o líquido estos no tienen mal olor y no atraen a moscas. Los biofertilizantes no solo son los compost sino también la descomposición aeróbica de los residuos vegetales o animales, por medio de microorganismos que habitan en estos (Flores, 2017). Aquí encontramos a la *Azolla sp.* la cual en diversidad de estudios viene ofreciendo buenos resultados.

La *Azolla* pertenece a la familia *Azollaceae*, es un helecho acuático que convive con el alga azul verdosa *Anabaena azollae*, la cual es capaz de fijar el nitrógeno en simbiosis (Castro et al., 2009). Como se muestra en la siguiente Figura N° 1.

Figura 1. Etapas de crecimiento de la *Azolla sp.*



Fuente: (Smith y Murdock, 2012)

Su reproducción es asexual por fragmentación y sexual por esporas (Rivera, 2020). Por ello, su crecimiento se da en ciertas temperaturas, en el caso de la *Azolla Pinnata*, entre 20 a 30°C (Marzouk et al., 2023) y según Kösesakal y Yildiz (2019) entre 21 y 28°C. Por otro lado, la *Azolla Caroliniana* entre 18 a 33°C. En cambio, la *Azolla Filiculoides* entre 20 a 25°C (Marzouk et al., 2023).

Por ello Marzouk et al., (2023) indican que la preparación del fertilizante a base de *Azolla sp.* es completamente sencillo debido a que en arrozales su aplicación es directa hacia el arrozal, debido a que, los dos conviven en ambientes acuáticos. En el caso de ambientes secos como en hortalizas lo que se hace es secar la *Azolla sp* al tiempo, es decir, dejándolo secar al sol por un lapso de 25 días y seguido a ello aplicar 22,8 kg/ha directamente al suelo de la hortaliza.

Además, la *Azolla sp* como fertilizante contiene minerales como nitrógeno peso fresco entre 4 y 5%, nitrógeno peso seco entre 0.2 y 0.3%, óxido fosfórico entre 0.4 y 0.5%, calcio entre 0.4 y 0.5%, óxido de potasio entre 2 y 4.5%, magnesio entre 0.5 y 0.65% y hierro entre 0.06 y 0.22%. Asimismo, puede ser utilizado como retenedor de metales pesados y biofiltro en aguas contaminadas (Méndez et al., 2018).

Asimismo, Bhuvaneshwari y Singh, (2015) mencionan que el helecho acuático *azolla* aloja la cianofita fijadora de nitrógeno *anabaena azollae* como simbionte en sus hojas dorsales también conocido como un potente fijador de

Nitrógeno debido a que aumenta en más de 50 mg/ha. Además, su reproducción es rápida y abundante, tiene una descomposición rápida en el suelo y no transmite patologías.

Thapa y Poudel (2021) indican que la aplicación de *azolla* como biofertilizante podría ser una elección para mejorar el rendimiento del arroz sin degradar el medio ambiente. Debido a que proporciona una fuente natural de muchos nutrientes en especial Nitrógeno (N), mejorando la disponibilidad de otros nutrientes. Además, enriquece la materia orgánica del suelo y aumenta la eficiencia de los fertilizantes inorgánicos, manteniendo la condición de pH del suelo adecuada para el crecimiento del arroz. Por tanto, la *Azolla* tiene un tremendo potencial para mejorar la salud del suelo y aumentar la sostenibilidad del producto.

Zhu et al., (2022) determinaron que la incorporación de *azolla* puede mejorar el rendimiento del arroz mediante la fijación biológica de N en los arrozales. Sin embargo, los efectos del acoplamiento de la fertilización lateral profunda con *azolla* en Amoniacado (NH_3), la volatilización, la eficiencia del uso del nitrógeno (NUE) y los beneficios económicos netos en los sistemas de cultivo de arroz no están claros.

Por otro lado, Samal, Laxmipreeya y Sahoo (2020) realizaron la aplicación de estiércol de ganado a razón de 10 kg/parcela en una parcela de 20 m × 2 m y superfosfato en tres dosis fraccionadas a razón de 100 g/fraccionado estimuló la multiplicación de *Azolla* en condiciones de campo. La aplicación de fertilizante nitrogenado junto con *Azolla* (es decir la inoculación) ha aumentado considerablemente el rendimiento del grano. Además, la adición de enmiendas orgánicas también ha aumentado el rendimiento del grano. Se ha registrado el aumento en el rendimiento de paja debido a la inoculación de *Azolla* y la adición de enmiendas orgánicas.

Según Aldás et al., (2016) desarrollaron seis porciones de mezcla de sustrato de *azolla* en la tierra, con base de *azolla* y dosis fijada para dicha preparación: A1 en estado seco y, A2 en estado fresco, la dosis estaba relacionada con el volumen de *azolla* vs el volumen de suelo usado. Obteniendo resultados como

crecimiento de planta 15,02 cm a los 15 días, 35,88 cm a los 30 días, 53,22 cm a los 60 días. En consecuencia, el funcionamiento de la *azolla* como nutriente es altamente favorable, contribuyendo con las faenas agropecuarias sostenibles.

Kimani et al., (2020) aplicaron biocarbón y Azolla en la producción de arroz en una parcela de 8 ha, aplicado 11g de Azolla por hectárea y obteniendo un 32.5 - 36.3% de mayor rendimiento del arroz con la Azolla y también aumentando el NPK del mismo.

Setiawati et al., (2018) aplicaron la Azolla fresca y en polvo con el fin de mejorar el suelo y el rendimiento del arroz teniendo una parcela de control de 49.76 g/ha y 64.9 g/ha de Azolla sola, evidenciando que no hay diferencia significativa entre la Azolla fresca y en polvo.

Además, Marzouk et al., (2023) indican que la inoculación de Azolla de 16.5 a 17.5 Tn/ha de peso fresco fijan entre 52.5 a 55.1 kg/ha de Nitrógeno.

Yuanlin Yao et al., (2018) aplicaron la Azolla para conservar el nitrógeno en la producción de arroz en una parcela de control de 0.9 ha con nitrógeno inicial de 5.6 g/ha y aplicando la mitad de Azolla se mantuvo 4 g/ha, finalmente se obtuvo 9.5 g/ha con 1.7 kg de Azolla sola y recuperando significativamente el nitrógeno en comparación con la aplicación dividida de nitrógeno urea.

Seleiman et al., (2022) estudiaron ocho tratamientos combinados e individuales de compostaje de *azolla* y abono sintético NPK (control = sin fertilizante y compost; NPK al 100 % = dosis completa recomendada de fertilizantes sintéticos de la siguiente manera: 165 kg N ha^{-1} , 37 kg $P_2O_5 ha^{-1}$ y 50 kg $K_2O ha^{-1}$; NPK al 70 %; NPK al 40 %; 100% compost de *azolla* (5 t DM ha^{-1}); 50% NPK + 50% abono de *azolla*; 70 % NPK + 30 % compost de *azolla* y 40 % NPK + 60 % compost de *azolla*) encima del desarrollo del cereal arroz, el rendimiento y la asimilación de los nutrientes en sistemas agrícolas semidesérticos. Los efectos mostraron que combinar 40 % de NPK + 60 % de compost de *azolla* o 50 % de NPK + 50 % de compost de *azolla* genera como resultado el crecimiento más favorable y los elementos de mayor productividad.

Razavipour et al., (2018) estudiaron la aplicación de compostaje de *azolla* en

las siguientes proporciones: 0 % (control), 2,5 %, 5,0 % y 7,5 % del peso del suelo (p/p) y se estudió el efecto sobre el crecimiento del arroz y el rendimiento del grano. Teniendo como resultado el aumento de productividad del grano que puede ser a raíz a la absorción efectiva del nitrógeno. Contribuyendo con la agronomía y el ahorro del agua.

Adhikari, Bhandari y Acharya (2020) señalan que no hay duda de que la *azolla* puede compensar los requerimientos de nitrógeno del arroz en diferentes zonas agroecológicas. A comparación de los fertilizantes nitrogenados sintéticos, la *azolla* tiene varios impactos positivos en la producción de arroz de tierras bajas, incluida la mejora de la fertilidad del suelo, la minimización de malezas, el aumento del carbono orgánico del suelo, la mejora de la biomasa microbiana. Por lo tanto, el ciclo de nutrientes mejora el crecimiento y el rendimiento del arroz.

Asimismo, Muscolo et al. (2023) emplearon el fertilizante orgánico mineral en suelos agrícolas, logrando que las lechugas cultivadas con SBO tuvieron el mejor crecimiento en términos de menor contenido de agua y más masa seca en comparación con el control y los demás tratamientos donde se observa a mayor cantidad de potasio en la lechuga cultivada con SBO 4.2 y NPK.

Karakas et al., (2020) emplearon la *Aptenia Cordifolia* en diferentes suelos salinos y en los 100 días de cultivo la materia orgánica incrementó en 0.96%, 1.03% y 1.13% debido a las excretas generadas en sus raíces, además, el pH llegó a 8.06, 7.82 y 7.88. En cambio, Bernabé y Tesen (2020) utilizaron la *salicornia fruticosa* para recuperar suelo y lograron obtener pH de 7.5 a 7.8, M.O de 0.86 a 1.30%, N de 0.042 a 0.112%, P de 2.2 a 4.2 ppm y K de 390 a 942 ppm.

De la misma manera, Li et al. (2023) en su investigación indicaron que al agregar diversos tratamientos con abono orgánico y fertilizantes (de nitrógeno y fósforo esencialmente), se incrementó y está correlacionada a la mejora de variables como humedad, nitrógeno y fósforo del suelo, así como aumento en su sistema carbónico haciendo que el cultivo de maíz tenga una mejora entre un 34% y 53% hacia el rendimiento de producción dado que estos macronutrientes son los principales impulsores de su rendimiento.

Yaser Esmaealian, et al., (2022) menciona que los efectos positivos en todas las propiedades del suelo, el uso de fertilizantes orgánicos y biológicos es útil desde el punto de vista económico, ambiental y social y puede ser una alternativa adecuada e ideal a los fertilizantes químicos, demostrado que el uso de insumos orgánicos y biológicos aumenta la estabilidad de la producción al tiempo que reduce el uso de fertilizantes químicos y los peligros ambientales relacionados y salud humana. Sin embargo, este logró un resultado muy parecido estadísticamente, por ende, se puede establecer este tratamiento como la mejor opción para mejorar la eficiencia en el cultivo de arroz. Por otro lado, la *Azolla* estabilizó las propiedades del suelo y así este se mantiene fértil. Además, económicamente también es la opción más viable y con un valor de 5.6% de tasa de retorno.

Por otro lado, Priscila Carlón (2023) demostró que el pH del suelo el primer día mostró una diferencia significativa entre el fertilizante tratado con urea (T3) (pH medio $8,5 \pm 0,45$) y los demás tratamientos, con un pH cercano al neutro (7,6) (Tabla S2). El pH de T3 fue memorando con el transcurrir de los días a $7,8 \pm 0,39$, en los días de muestreo posteriores, sin evidenciarse diferencias significativas. El pH del lixiviado fue neutro (7,5) durante el procedimiento, sin distinguirse de los demás (Tabla S2).

Mayté Pernús y J. A. Sanchez (2015) describe a los suelos clasificándolos por sus propiedades de salinidad. La Tabla 1, se expone la clasificación de suelos según la salinización presente en ellos.

Tabla 1. Clasificación de suelos según su salinización

| Tipo de suelo | pH | PSI (%) | CE (dS/m) |
|------------------|------|---------|-----------|
| Normal | <8.5 | <15 | >4 |
| Salinos | >8.5 | >15 | <4 |
| Salino - Sódicos | <8.5 | >15 | >4 |

Fuente: (Mayte Pernús y J. A. Sanchez, 2015)

En la tabla 1 se puede apreciar la clasificación de los principales parámetros como la conductividad eléctrica (CE), el pH y el porcentaje de sodio

intercambiable (PSI). Con estas identificaciones se puede identificar a los suelos que fueron afectados por tener al CE, ser alcalinos y sódicos-salinos.

Teniendo en cuenta que el recurso del suelo tiene indicadores del potencial de nutrientes y aquí encontramos a los macronutrientes, encabezados por nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P), los cuales ayudan al desarrollo de las plantas. Cabe recalcar que el pH del suelo tiende a influir en los nutrientes como el N, P y K, mayormente estos nutrientes disminuyen cuando el pH aumenta. Por ello, se prioriza equilibrar los parámetros fisicoquímicos del suelo y los nutrientes, esto debido a que los dos trabajan de manera conjunta en el desarrollo metabólico de la planta (Potdar et al., 2021; Herrera et al., 2022; Chris, Devaki y Uma, 2019).

Además, para el riego de la lechuga se considera que en las dos semanas iniciales se deben regar todos los días sin cometer excesos, ya a las tres semanas el riego se disminuye a tres veces por semana para que estas tengan un estado óptimo (López, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo aplicada, dado que, aborda una problemática o fenómeno existente y da una posible solución (Vargas, 2009). En este caso se abordó la problemática del uso de fertilizantes y se pretendió generar una solución con el uso de un abono ecológico a base de *Azolla sp*, para producir plántulas de lechugas en el fundo Don Dionisio de nuestra zona de estudio.

Con respecto a los estudios consultados, se identificó que el tema desarrollado tiene enfoque cuantitativo, para ello Hernández, Fernández y Baptista, (2014) indican que, se basa en mediciones por medio de herramientas estadísticas como análisis, organización y recolección. Además, se empleó la metodología observacional.

La investigación tuvo un diseño cuasi - experimental donde se estudió el impacto de los tratamientos (Cabre, 2012). El trabajo buscó obtener un análisis estadístico para analizar la factibilidad de utilizar este sustrato como materia prima ecológica en los campos de cultivos de nuestro país, especialmente la de nuestra zona.

3.2. Variables y operacionalización

Este estudio trabajó con dos variables:

-Variable independiente: Aplicación del biofertilizante

-Variable dependiente: Impacto en el cultivo

Por ello, se detalla en la matriz operacional las variables, con sus respectivas definiciones, conceptuales y operacionales, las dimensiones, indicadores y sus unidades, ubicada respectivamente en el anexo.

3.3. Población, muestra y muestreo

El total de individuos con las mismas características son las que definen la **población** (Hernández y Mendoza 2018). Por ende, la investigación tuvo como

población 78 ton de suelo cultivable de lechuga en área de 200 m² de la parcela ubicada en el fundo Don Dionisio en Huaral - Lima.

Hernández y Mendoza (2018) definen a la muestra como el subconjunto que representa a la población. Por ello, la muestra investigada fue de 35.1 ton de suelo cultivable de lechuga en un área 90 m² de la parcela y parte de la muestra se usó para medir los parámetros fisicoquímicos. Obteniendo muestras en calicatas con 30 cm de profundidad (MINAM, 2013).

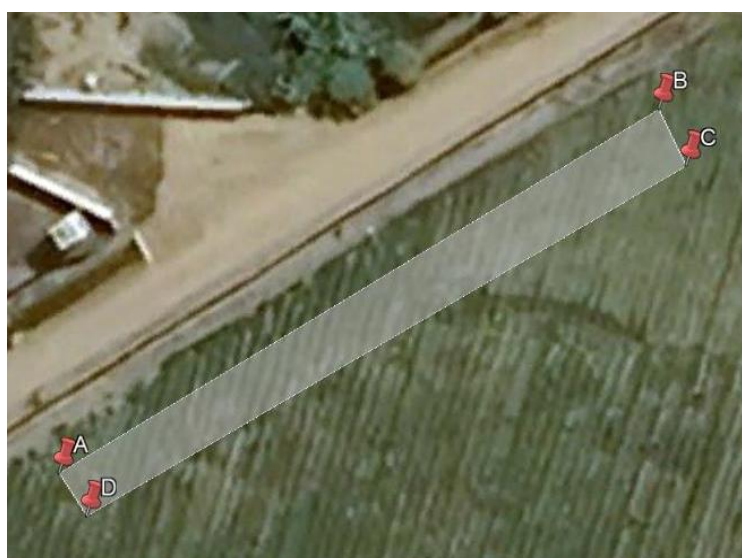


Figura 2. Delimitación del área de estudio

En la figura N° 2 se muestra la georreferenciación del área de estudio que es la parcela de cultivo de lechuga, la cual comprende los siguientes puntos cardinales:

- Georreferenciación del punto **A**: E: 254639; N: 8729327
- Georreferenciación del punto **B**: E: 254682; N: 8729353
- Georreferenciación del punto **C**: E: 254684; N: 8729349
- Georreferenciación del punto **D**: E: 254641; N: 8729324

El muestreo fue probabilístico y se definieron 5 puntos de muestreo, debido a que, el Ministerio del Ambiente expone en su guía para el muestreo de suelos en el cual, si el terreno es de forma regular menor a 1000 m² y de forma cuadrada, se toman como puntos de muestreo los puntos medios de cada pared (4) y uno en el medio del terreno (1), siendo un total de 5 muestras, por ende, la unidad de análisis fue de 1 kg de suelo (MINAM, 2013).

En la tabla 2 se expone la codificación y las coordenadas de los puntos de muestreo utilizados.

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo

| Codificación de punto | Coordenadas | |
|------------------------------|--------------------|--------------|
| | Este | Norte |
| M1 | 254683 | 8729351 |
| M2 | 254662 | 8729336 |
| M3 | 254640 | 8729325 |
| M4 | 254660 | 8729339 |
| M5 | 254661 | 8729338 |

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El estudio experimental fue la técnica de esta investigación y los datos fueron recolectados por medio de fichas técnicas, dónde se registrará la información de las muestras. De acuerdo al DS N° 002 - 2013 - MINAM “Guía para muestreos de suelos” y como instrumentación pdf de la guía de suelos. (MINAM, 2014).

Tabla 3. Técnica e Instrumentación

| Técnica | Instrumentación |
|---|---|
| D.S N° 002-2013-MINAM “Guía para muestreos de suelos” | PDF de la “Guía para muestreos de suelos” |

Fuente: Elaboración Propia

Es importante que los instrumentos a utilizar sean validados por un especialista de la rama estudiada, así obtendrá un grado confiabilidad y garantía. Por ello, se contó con 2 instrumentos de recolección de datos: el primer instrumento que se usó fue la ficha de registro de la toma y descripción de

muestra. El segundo instrumento usado fue la ficha de registro de plantaciones y seguimiento de control. Estas fichas se muestran en el **Anexo N° 3**.

Así mismo se utilizaron los siguiente materiales y equipos descritos en la tabla 4.

Tabla 4. Materiales y equipos empleados

| Materiales | Equipos |
|--|--|
| Material Vidrio Agua destilada Bolsa de cierre Pala Huincha Cinta métrica Equipo de protección (EPP) Badilejo | Balanza analítica Horno Mufla Digestor Espátula Pinza Equipo Kendal Tensiómetro Calcímetro |

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 4 describe los materiales y equipos que se utilizaron para llevar a cabo la obtención de muestras y los análisis en el laboratorio.

En la Tabla N° 5, se registra a los especialistas que validaron las fichas generadas.

Tabla 5. Validación de instrumento

| Especialista | Profesión | % de validación |
|----------------------------------|---|-----------------|
| Dr. Rubén Munive Cerrón | Docente de la Universidad César Vallejo | 85 % |
| Mgtr. Sixto Mendoza | Docente de la Universidad César Vallejo | 85 % |
| Mgtr. Gianmarco Mendoza Mogollón | Docente de la Universidad César Vallejo | 90 % |
| Total: | | 87 % |

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla N° 5 describe el porcentaje de validación que cada especialista le otorgó a los instrumentos empleados en esta investigación, obteniendo un promedio de 85 %.

3.5. Procedimientos

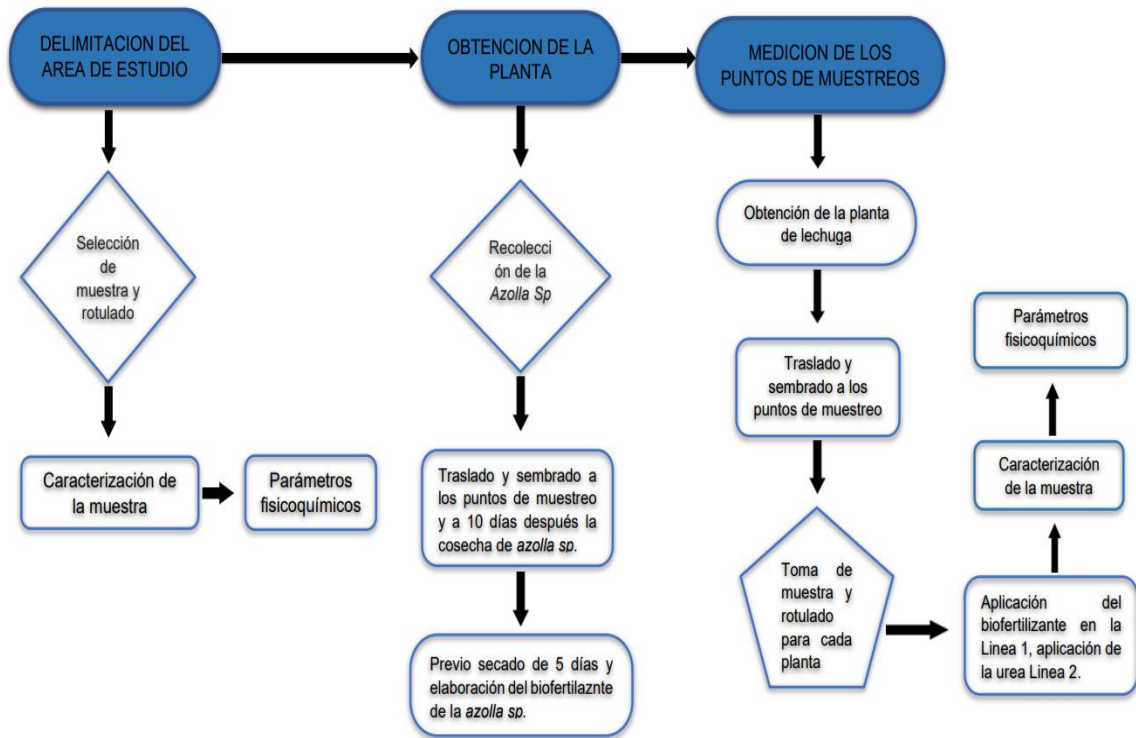


Figura 3. Procedimiento experimental de la investigación

En la Figura 3 se aprecia el procedimiento realizado en la investigación.

3.5.1 Delimitación del área de estudio

En un primer momento se delimitó el área de estudio, estaba compuesta por el perímetro A, B, C y D. Ver Figura 4.



Figura 4. Área de estudio

Seguido a ello, se procedió a determinar las muestras y separar la parcela en 3 líneas de 30 m² cada una, quienes llevan los siguientes nombres para ser identificadas con mayor facilidad: Línea 1: aquí usamos a la Azolla sp, Línea 2: se usó fertilizante químico y Línea 3: sin ningún fertilizante. Las tres líneas tendrán sembradas 45 lechugas y servirán para posteriormente comparar los resultados de la Azolla sp como abono orgánico. Ver Figura 5.

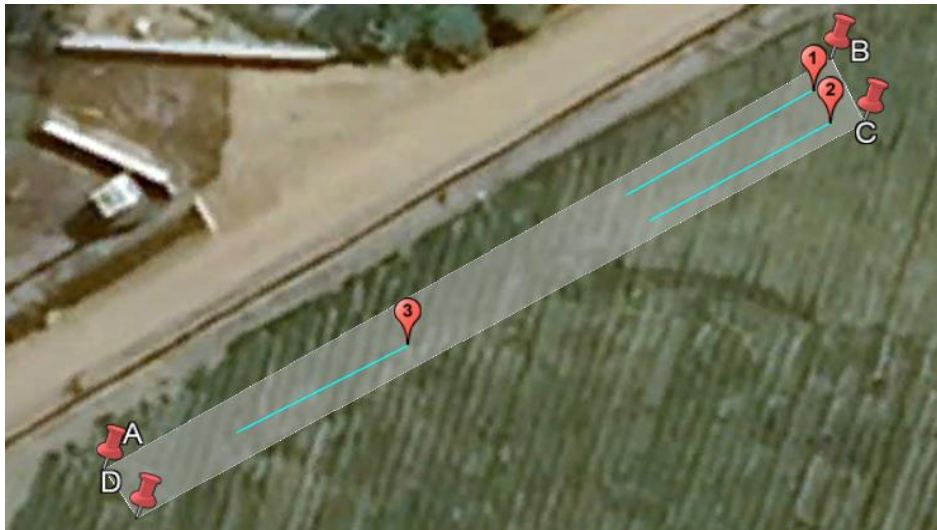


Figura 5. Líneas para emplearse

Las muestras fueron tomadas en cada punto medio de las paredes del perímetro y una en el centro del cuadrante, a 30 cm de profundidad. Obteniendo así 5 muestras, cada una de ellas con 1kg de suelo en bolsas plot, rotulando y sellando cada una para posteriormente analizarlas en el laboratorio ver la Figura 6.



Figura 6. Obtención de las muestras

Para analizar los parámetros fisicoquímicos del suelo se procedió a pesar 100 gr de la muestra de suelo, utilizando la balanza analítica con marca Quintix modelo Sartorius con código 0034650197. Seguido a ello, se hizo uso del potenciómetro y multiparámetro, con la finalidad de medir el pH, CE y temperatura de cada muestra. Ver Figura 7.

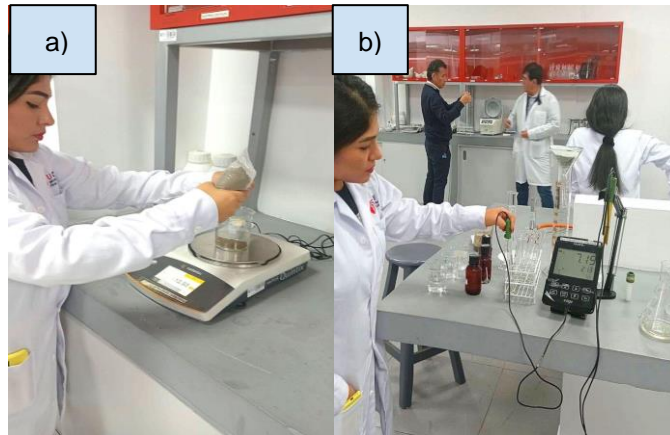


Figura 7. a) Pesado, b) Medición de pH, CE y temperatura

3.5.2 Obtención de la planta

La *Azolla sp* fue obtenida del humedal de Sullana debido a su fácil acceso a esta. Seguido a ello, se procedió a generar el biofertilizante, el cual consistió en dejar secar esta planta por 15 días para poder utilizarla. Ver Figura 8.

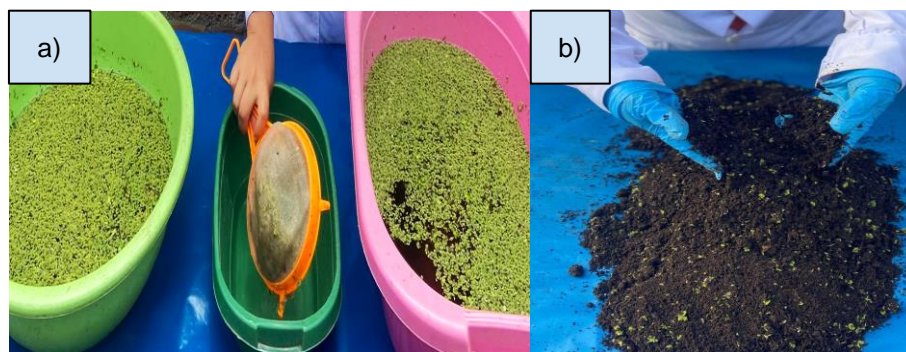


Figura 8. a) Obtención de *Azolla sp* y b) Generación del biofertilizante

Posterior al secado se procedió a aplicar 0.028kg por cada planta (Marzouk, 2023) en la Línea 1, dejándola actuar y volviendo a aplicar cada 10 días. Al igual que en la Línea 1, en la Línea 2 se usó la misma cantidad de fertilizante químico, en este caso urea. Además, los tratamientos durarán 60 días y el riego para las líneas será de 1h 20 min, dejando 1 día (MINAGRI, 2012). En total se aplicó de

biofertilizante y urea, 0.0021 toneladas respectivamente, en 11.7 ton de suelo cada uno. Ver *Figura 9*.



Figura 9. Aplicación del biofertilizante

3.5.3 Medición de los puntos de muestreo

Pasado los 60 días de plantación de la lechuga, aplicación de la *Azolla sp* y también de la urea, se realizó la recolección de 5 muestras de cada línea, llevándolas a analizar al laboratorio. Ver *Figura 10*.



Figura 10. Suelo después del tratamiento

Para medir los parámetros fisicoquímicos del día 60 se repitieron los procedimientos empleados a inicios del proyecto. En el cual se inició por el pesaje de las muestras de suelo y posteriormente se realizó la medición de pH, CE y temperatura con el uso del potenciómetro y multiparametro. Ver *Figura 11*.



Figura 11. Medición de parámetros fisicoquímicos finales

Por otro lado, se llevó un control fenológico de la lechuga desde el día 0 al día 60 con el fin de ver el efecto del biofertilizante de *Azolla* en el crecimiento de la raíz, tallo y hojas de la lechuga. Las medidas fueron tomadas cada 10 días entre los 60 días que duró el proyecto. Ver *Figura 12*.



Figura 12. Control fenológico de la lechuga

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los datos se emplearán las herramientas como Microsoft Excel y Word, debido a su fácil acceso para generar gráficos estadísticos y cuadros, proporcionando mejor explicación de los resultados.

La herramienta estadística utilizada será el SPSS en la cual, se aplicará el análisis de Normalidad y seguido a ello el ANOVA para verificar las diferencias

entre las características de cada línea, entre ellas, tamaño, ph, M.O, N, P, K , textura (arena, arcilla, limo), conductividad eléctrica y Humedad.

3.7. Aspectos éticos

El trabajo de investigación será realizado con valores y de acuerdo con los reglamentos de investigación, código de ética, guía de productos de investigación, resolución del vicerrectorado de investigación N°191-2021-VI-UCV y también con la Norma ISO 690. Finalmente, comprobando la similitud empleando el software Turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis del suelo antes, durante y después del tratamiento

En la Tabla N° 06 se evidencian los valores promedio y desviación estándar de las muestras de suelo tomadas antes, durante y después del tratamiento en la parcela evaluada.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos del suelo

| Parámetros | Unidad | Valores | | | | | | | |
|--------------------------------|----------------|---------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|----|
| | | Valor inicial | Línea 1 | | Línea 2 | | Línea 3 | | |
| | | Día 0 | Día 30 | Día 60 | Día 30 | Día 60 | Día 30 | Día 60 | |
| pH | - | 8.06 | 6.79 | 6.97 | 7.21 | 8.18 | 7.28 | 7.63 | |
| Temperatura | °C | 22.1 | 22.2 | 22.2 | 23 | 25.9 | 22.4 | 22.1 | |
| Conductividad eléctrica | mS/cm | 4.82 | 3.62 | 3.23 | 3.78 | 4.3 | 4.03 | 3.82 | |
| Humedad (H) | % | 8.04 | 7.85 | 7.86 | 7.11 | 7.25 | 7.15 | 6.54 | |
| Materia orgánica (M.O) | % | 0.68 | 1.14 | 1.82 | 1.4 | 1.51 | 1.01 | 1.05 | |
| Nitrógeno (N) | % | 0.83 | 1.32 | 1.49 | 1.14 | 1.16 | 1.02 | 0.83 | |
| Fósforo (P) | % | 1.11 | 1.45 | 1.51 | 1.35 | 1.41 | 1.28 | 1.25 | |
| Potasio (K) | % | 1.05 | 1.37 | 1.47 | 1.28 | 1.37 | 1.19 | 1.05 | |
| Textura | Arena | % | 45 | 31 | 31 | 33 | 30 | 35 | 45 |
| | Arcilla | % | 10 | 12 | 12 | 12 | 12 | 14 | 10 |
| | Limo | % | 45 | 57 | 57 | 55 | 58 | 51 | 45 |

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la Tabla N° 6, se logró obtener los valores iniciales de los parámetros fisicoquímicos del suelo evidenciando que con la aplicación de la *azolla sp* hubo una disminución de los valores iniciales, mientras que las otras líneas de aplicación hubo un aumento de estas.

4.2 Caracterización de *Azolla sp.*

En la Tabla N° 7 se determinaron las propiedades que la *Azolla sp.* posee, esto con pruebas de laboratorio, obteniendo como resultado las siguientes composiciones.

Tabla 7. Caracterización de *Azolla sp.*

| Parámetros | pH | T (°C) | H (%) | Cenizas (%) | N (%) | P (%) | K (%) |
|-------------------|-----|--------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| <i>Azolla sp.</i> | 7.1 | 22.8 | 75.6 | 4.95 | 3.14 | 0.89 | 1.13 |

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la **Tabla N° 07** se aprecia que la *Azolla sp.* cuenta con macronutrientes con bastante significancia, con más de 3 % de nitrógeno, casi 1 % de fósforo y más de 1 % de potasio. Además, su pH es neutro, lo que no afecta al desarrollo de las plantas.

4.3 Medición del crecimiento de la lechuga

Con el fin de llevar un control al aplicar estos tratamientos se toman las medidas de crecimiento de la lechuga en las diferentes líneas. Estas medidas se tomaron de manera semanal y se midió la raíz, diámetro y hojas de cada lechuga evaluada.

En la Tabla N° 8, se presentan los valores de medición realizadas en las 45 lechugas que estuvieron en la línea 1, 2 y 3 respectivamente en los días indicados.

Tabla 8. Medición de lechuga

| Número de días | Crecimiento de las lechugas | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|---------------|------------|-----------------------|---------------|------------|-----------------------|---------------|------------|
| | Línea 1 (15 Lechugas) | | | Línea 2 (15 Lechugas) | | | Línea 3 (15 Lechugas) | | |
| | Raíz (cm) | Diámetro (cm) | Hojas (ud) | Raíz (cm) | Diámetro (cm) | Hojas (ud) | Raíz (cm) | Diámetro (cm) | Hojas (ud) |
| Día 0 | 0.8 | 4 | 3 | 0.8 | 4 | 3 | 0.8 | 4 | 3 |
| Día 10 | 4.6 | 13 | 5 | 4.1 | 9 | 4 | 4.1 | 7 | 3 |

| | | | | | | | | | |
|--------|------|----|----|------|------|----|------|------|----|
| Día 20 | 8.4 | 29 | 8 | 7.9 | 23 | 6 | 6.6 | 18 | 4 |
| Día 30 | 10.2 | 53 | 12 | 8.7 | 42 | 10 | 7.5 | 29 | 5 |
| Día 40 | 15.0 | 79 | 18 | 9.9 | 67 | 15 | 8.3 | 36 | 8 |
| Día 50 | 18.3 | 72 | 32 | 14.6 | 69.6 | 23 | 11.2 | 47.8 | 18 |
| Día 60 | 22.2 | 85 | 40 | 18.5 | 70 | 33 | 15 | 59.2 | 22 |

Fuente: Elaboración Propia

A partir de la Tabla 8, se observaron las medidas de la lechuga desde el día 0 al día 60, aprecia que al aplicar la *Azolla sp.* la raíz logra crecer 22.2 cm en su raíz y 85 cm de diámetro, además, contar con 40 hojas y todo esto en 60 días de ser aplicada, evidenciando el óptimo apoyo que brinda al emplear la *Azolla sp* en la línea 1.

4.4 Estadística Inferencial de los parámetros fisicoquímicos del suelo después de aplicados los tratamientos

Hipótesis nula (H0): Los datos siguen una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H1): Los datos no siguen una distribución normal.

Según el análisis de normalidad del Anexo N°9, para todos los p-valores de la prueba de Shapiro-Wilk son mayores que 0.05, indicando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de normalidad. Por lo tanto, se asume que los datos para todas las variables en los dos momentos distintos (30 y 60 días) provienen de una distribución normal. Esto es válido para todos los parámetros listados, incluyendo pH, temperatura, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica (M.O.), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), arena, arcilla y limo; por lo cual se procede a realizar pruebas paramétricas como el ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre los grupos.

A la hipótesis:

Ho = Todos los tratamientos son iguales (No hay efecto)

Ha = Al menos un tratamiento es diferente (Hay efecto)

El análisis de varianza realizado para todos los tratamientos, como se muestra en el Anexo N°10, indica que hay una diferencia significativa entre los grupos. Esto lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

En todas las variables testadas (pH, temperatura, conductividad eléctrica, humedad, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, arena, arcilla y limo), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Esto sugiere que al menos uno de los grupos difiere significativamente en sus medias para cada uno de estos parámetros. Para obtener información detallada sobre cómo se llevó a cabo esta comparación y los resultados específicos, se consultó el Anexo N° 10, donde se encontraron los detalles completos del análisis.

4.5 Estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos del suelo después de aplicados los tratamientos

En la Tabla N°9, se presentan los valores de los parámetros fisicoquímicos de las líneas empleadas para la investigación.

Tabla 9. Estadística descriptiva de las líneas

| Parámetros | Línea 1 | | | | | | Línea 2 | | | | | | Línea 3 | | | | | | |
|-------------------------|---------|--------|--------|---------|-------|---------------------|---------|--------|--------|---------|-------|---------------------|---------|--------|--------|---------|-------|---------------------|------|
| | N | Mínimo | Máximo | Mediana | Media | Desviación estándar | N | Mínimo | Máximo | Mediana | Media | Desviación estándar | N | Mínimo | Máximo | Mediana | Media | Desviación estándar | |
| pH | 15 | 6.75 | 8.08 | 6.97 | 7.27 | 0.58 | 15 | 7.19 | 8.2 | 8.06 | 7.82 | 0.45 | 15 | 7.26 | 8.08 | 7.63 | 7.66 | 0.33 | |
| Temperatura | 15 | 22 | 22.3 | 22.1 | 22.17 | 0.1 | 15 | 22 | 26.1 | 23 | 23.67 | 1.68 | 15 | 21.9 | 22.3 | 22.1 | 22.1 | 0.1 | |
| Conductividad eléctrica | 15 | 3.21 | 4.83 | 3.62 | 3.89 | 0.7 | 15 | 3.77 | 4.83 | 4.3 | 4.3 | 0.44 | 15 | 3.6 | 4.83 | 3.83 | 4.15 | 0.5 | |
| Humedad (H) | 15 | 7.83 | 8.05 | 7.87 | 7.92 | 0.09 | 15 | 7.1 | 8.05 | 7.24 | 7.47 | 0.42 | 15 | 6.52 | 8.05 | 7.15 | 7.24 | 0.64 | |
| Materia orgánica (M.O) | 15 | 0.67 | 1.83 | 1.13 | 1.21 | 0.48 | 15 | 0.67 | 1.52 | 1.1 | 1.1 | 0.35 | 15 | 0.67 | 1.06 | 1.04 | 0.92 | 0.18 | |
| Nitrógeno (N) | | | | | | | 15 | 0.81 | 1.18 | 1.14 | 1.04 | 0.16 | 15 | 0.81 | 1.04 | 0.84 | 0.89 | 0.09 | |
| | | 15 | 0.81 | 1.51 | 1.32 | 1.21 | 0.23 | | | | | | | | | | | | |
| Fósforo (P) | | | | | | | 15 | 1.09 | 1.43 | 1.35 | 1.29 | 0.13 | 15 | 1.09 | 1.31 | 1.25 | 1.21 | 0.08 | |
| | | 15 | 1.09 | 1.52 | 1.46 | 1.36 | 0.18 | | | | | | | | | | | | |
| Potasio (K) | | | | | | | 15 | 1.04 | 1.39 | 1.28 | 1.23 | 0.14 | 15 | 1.03 | 1.21 | 1.06 | 1.1 | 0.07 | |
| | | 15 | 1.04 | 1.48 | 1.37 | 1.3 | 0.19 | | | | | | | | | | | | |
| Textura | Arena | 15 | 30 | 47 | 31 | 35.67 | 6.9 | 15 | 28 | 47 | 33 | 36 | 6.83 | 15 | 33 | 47 | 44 | 41.67 | 5.09 |
| | Arcilla | 15 | 9 | 13 | 11 | 11.33 | 1.29 | 15 | 9 | 13 | 11 | 11.33 | 1.29 | 15 | 9 | 16 | 10 | 11.33 | 2.19 |
| | Limo | 15 | 43 | 58 | 57 | 53 | 5.94 | 15 | 43 | 60 | 55 | 52.67 | 5.94 | 15 | 43 | 52 | 46 | 47 | 3.23 |

V. DISCUSIÓN

Según la tabla N°6, al aplicar la *Azolla sp* (línea 1) durante 60 días, se logró disminuir el pH de 8.06 (día 1) a 6.97 (día 60) y con una media de 6.78 ± 0.03 . Así mismo con la aplicación de urea(línea 2) el pH pasó de 7.21 a 8.18, con una media de 7.81 ± 0.44 , del mismo modo la cual estaba libre de fertilizante(línea 3), se obtuvo una lectura de 7.28 a 7.63 con una desviación estándar de 7.65 ± 0.33 , con ello podemos inferir que la implementación del fertilizante orgánico es más eficiente para la reducción del pH que la urea; **Marzouk et al. (2023)** implementaron el uso del fertilizante de la *Azolla sp* e indicaron que el crecimiento óptimo de *Azolla sp*. ocurre en un rango de pH de 4.5 a 7.5 en agua o suelos húmedos, demostrando que tiene un impacto en la absorción de NH_4^+ , disminuyendo el pH y la temperatura del agua, lo que a su vez reduce la volatilización del amoníaco, sin embargo, **Carlón et al. (2023)**, indican que la urea es efectiva en la reducción del pH del suelo, ya que mostró una diferencia significativa el primer día, con un pH promedio de $8,5 \pm 0,45$. Con el tiempo, el pH disminuyó lentamente hasta $7,8 \pm 0,39$, cabe mencionar que **Carlón et al. (2023)** emplearon un plazo de 90 días, si bien la urea ayuda a disminución del pH, los resultados son muy lentos, al contrario del fertilizante hecho con *Azolla sp*. la cual da un mejor resultado en menor cantidad de tiempo (60 día) y es 100% orgánico la cual favorece mucho más al suelo del cultivo, **Du et al. (2022)** las ventajas de los fertilizantes orgánicos, se deben en parte a la dosificación aplicada, ya que estos no sólo suministran una gama de micronutrientes esenciales para las plantas, sino que también favorecen una absorción radicular óptima, especialmente en un rango de pH del suelo entre 6.5 y 7, esta característica es crucial para mantener un equilibrio adecuado de acidez y alcalinidad en el suelo, lo que resulta en un ambiente más propicio para el crecimiento saludable de las plantas.

En la tabla N°6 se identifica que la conductividad eléctrica en línea 1 con la aplicación del biofertilizante mostró una disminución de 4.82 a 3.23 dS/cm, para la línea 2 con la aplicación de urea aumentó de 3,78 a 4.3 dS/cm y en la línea 3 libre de fertilizantes la lectura mostró una ligera disminución de 4.03 a 3.82 dS/cm, comparado con los resultados de **Méndez et al.(2018)** mencionan que

la *Azolla sp* tiene funcionalidades como retenedor de metales pesados y biofiltro de aguas contaminadas lo que genera una estabilización de su concentración de sales y por tanto se verifica que el fertilizante aplicado obtiene resultados más efectivos. Así mismo, **Zhu Riu, et al. (2023)** obtuvieron como resultado la disminución de la conductividad eléctrica utilizando *Azolla sp* en campos agrícolas de hortalizas, aunque el nitrógeno y el potasio son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, su manejo adecuado en combinación con prácticas de irrigación puede ayudar a reducir la conductividad eléctrica del suelo.

También se caracterizó la *Azolla sp*. antes de iniciar la aplicación en el cultivo y los parámetros considerados para su caracterización química fueron pH con un resultado de 7.1 siendo una hoja con características neutras, temperatura de 22.8(Tropical), humedad de 75.6%, cenizas al 4.95% y macronutrientes NPK con significancias de más de 3% y 1% respectivamente. Por otro lado, **Méndez et.al (2018)** caracterizó el fertilizante *Azolla sp*. conteniendo en su estudio entre 0.2 a 0.3% de nitrógeno peso seco, óxido fosfórico entre 0.4 y 0.5% y óxido de potasio entre 2 y 4.5% siendo así los resultados del actual trabajo más positivos para el crecimiento y alimentación del sembrío, porque según **Adzman et al. (2022)** para lograr el entorno ideal para el cultivo de *Azolla sp*. , se tiene que manipular parámetros como la profundidad del agua, la concentración de nutrientes, el pH y la exposición a la luz solar, lo que sugiere que las variaciones en estas condiciones pueden influir significativamente en su composición nutricional.

En cuanto a los aumentos de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en la línea 1 con aplicación del *Azolla sp*. pasaron de 0.83 a 1.49(N), de 1.11 a 1.51(P) y de 1.05 a 1.47(K). Al mismo tiempo, la línea 2 con aplicación de urea respondió con un resultado en nitrógeno de 1.14 a 1.16, fósforo de 1.35 a 1.41 y potasio de 1.28 a 1.37. Al respecto con la línea 3 limpia de fertilizantes arrojó valores de 1.02 a 0.83, de 1.28 a 1.25, de 1.19 a 1.05, respectivamente. En contraste al estudio realizado por **Yao et al., (2018)** aplicaron *azolla sp*. en el cultivo de arroz, se obtuvo un aumento significativo de macronutrientes debido a las condiciones en las cual se cultiva el arroz (los cultivos de arroz se encuentran sumergidos en el agua). Así mismo, **Li et al. (2023)** menciona que los tratamientos ricos en fósforo y nitrógeno mejoran la calidad del suelo aportando

también en su proceso carbónico y haciendo que los cultivos tengan un mayor rendimiento de hasta el 50% más que sin alguna aplicación, dado que dichos micronutrientes son esenciales para una mayor productividad.

Luego, por medio del control en la línea 1 de aplicación y crecimiento de las lechugas se pudo evaluar el impacto del biofertilizante en el desarrollo de la planta y se observó que durante los 60 días la raíz creció de 0.8 a 22.2 cm, el diámetro de 4 a 85 cm y las hojas de 3 a 40 ud. Luego, en la línea 2 con la aplicación de urea, la raíz pasó de 0.8 a 18.5 cm, el diámetro de 4 a 70 y las hojas de 3 a 33 ud. Por último, la línea 3 sin agregados o fertilizantes tuvieron un resultado con variación mínima como es en el caso de la raíz que obtuvo un máximo de 15 cm de crecimiento, el diámetro a 59.2 cm y las hojas sólo hasta 22 ud de crecimiento. En todos los tratamientos se observa un crecimiento positivo y exponencial, sin embargo, la *Azolla sp.* sigue manteniendo el sobresaliente en todos los rangos y más encima prevaleciendo el enfoque amigable con el medio ambiente. **Thapa y Poudel (2021)** indican que el uso de *Azolla sp.* como abono orgánico es más beneficioso debido a que proporciona una fuente natural de muchos nutrientes en especial Nitrógeno (N), mejorando la disponibilidad de otros nutrientes y demostrando su superioridad con los resultados obtenidos.

Según la tabla N°9, los resultados muestran que la aplicación de *Azolla sp.* (línea 1) mejoró el pH, el contenido de potasio y la textura del suelo en comparación con el suelo libre (línea 3), lo que coincidió con **Yang et al. (2020)** que reportó que la biofertilización con *Azolla sp.* aumentó el pH y el contenido de potasio del suelo, así como la biomasa y el rendimiento del arroz. Esto se debe a que *Azolla sp.* es capaz de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae*, y liberar nitrógeno orgánico e inorgánico al suelo y al agua, lo que beneficia el crecimiento del arroz.

Sin embargo, los resultados también indican que la aplicación de urea (línea 2) tuvo un efecto similar al de *Azolla sp.* (línea 1) en el pH, el potasio y la textura del suelo, lo que sugiere que la urea no tuvo un impacto negativo en estas propiedades, a diferencia de lo que observó **Yao et al. (2018)**, que reportó que la urea aumentó la volatilización de amoníaco, el pH y la temperatura del agua superficial, y disminuyó el crecimiento y la absorción de nitrógeno de *Azolla sp.*

Una posible explicación para esta discrepancia es que la dosis de urea que utilizaste fue menor, o que el inhibidor de la ureasa que usaste redujo la hidrólisis de la urea y, por lo tanto, la concentración de nitrógeno amoniacal en el agua superficial.

Por otro lado, los resultados no muestran diferencias significativas entre las líneas 1 y 2 en cuanto al rendimiento del grano y la eficiencia del uso de nitrógeno, lo que contrasta con **Yang et al. (2020)** y **Yao et al. (2018)**, que reportaron que la combinación de *Azolla sp.* y urea o *Azolla sp.* y urea más inhibidora de la ureasa aumentó significativamente el rendimiento del grano y la eficiencia del uso de nitrógeno en comparación con la urea sola. Una posible explicación para esta falta de efecto es que la cantidad de nitrógeno fijado por *Azolla sp.* fue insuficiente para satisfacer la demanda de nitrógeno del arroz, o que el método de aplicación de *Azolla sp.* no fue el óptimo para maximizar su efecto biofertilizante, como sugirió **Yang et al. (2020)**.

VI. CONCLUSIONES

- A partir de la aplicación de la planta *Azolla sp* durante 60 días, se afirma el aumento de macronutrientes que mejoró la calidad del suelo y la cosecha, es así que, mediante la medición del crecimiento de la lechuga representado en la tabla N° 8 donde la raíz, el diámetro y cantidad de hojas fueron superiores a los otros métodos utilizados de contraste(urea y suelo libre), se logró una producción más abundante y voluminosa lo que conlleva a ser mejor ofertado en el mercado y un suelo mejor enriquecido de nutrientes para futuras cosechas.
- Se caracterizó la composición fisicoquímica de las principales propiedades del biofertilizante *Azolla sp.* en el cual se mostró en la tabla N°7, determinando que mantiene condiciones óptimas de pH (7.1), temperatura cálida de 22.5°C y humedad al 75.6%, como también contenía un porcentaje sustancioso de macronutrientes que permitió las mejores condiciones para ser utilizado y proveer de un mejor desarrollo al sembrío de hortalizas.
- Al llevar a cabo la evaluación bajo el control de crecimiento de la lechuga tras la aplicación del biofertilizante *Azolla sp.* (línea 1) *plasmado* en la tabla N°8, se demostró que el crecimiento de la raíz, el diámetro y largo de las hojas fueron superiores con un rango entre 5 a 10 cm de diferencia en cada categoría mencionada, en contraste a las otras líneas con aplicación de fertilizante químico y sin aplicación de algún tratamiento.
- A través de la tabla N°6, en donde se tomó en consideración los valores iniciales y post aplicación del biofertilizante, los parámetros fisicoquímicos pertinentes a la investigación de la aplicación de *Azolla sp.* (línea 1), evidenciaron la disminución de los valores como pH con un resultante de 6.97, conductividad eléctrica en 3.23 dS/cm y un reporte de humedad al 7.86%. Mientras que, el porcentaje de M.O, NPK y la textura del suelo registraron un aumento favorecedor para el crecimiento del sembrío de lechuga. Por lo tanto, es de afirmarse que cumplen con las expectativas de un crecimiento exponencial mayor al 0.1% dado que estos demostraron una mejora hasta el 3% mayor a los resultados esperados.

VII. RECOMENDACIONES

- El transporte y almacenamiento que se debe mantener con la *Azolla sp.* es de estricto cuidado puesto que, ante cualquier maltrato o exposición extrema, haría que sus condiciones de vida se vean afectadas.
- Los resultados pueden limitarse y variar dependiendo del cultivo, el suelo y las condiciones climáticas por lo que su eficacia puede no ser continua a dicha investigación.
- El cultivo de *Azolla sp.* tiende a reproducirse y se obtiene mejores resultados cuando se mantiene a temperaturas cálidas entre 21-25° C.
- Para avanzar en la comprensión y optimización del uso de biofertilizantes naturales, se recomienda realizar estudios adicionales que se centren en diversos aspectos de su producción y aplicación. Sería particularmente valioso investigar métodos para maximizar la eficacia de estos biofertilizantes en diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas. Además, sería útil explorar las interacciones entre los biofertilizantes naturales y las variedades específicas de cultivos, para entender mejor cómo estos productos pueden mejorar la nutrición de las plantas y la calidad del suelo a largo plazo. Asimismo, sería beneficioso realizar análisis comparativos entre biofertilizantes y fertilizantes químicos tradicionales, para evaluar su impacto no solo en la productividad agrícola sino también en la sostenibilidad ambiental. Estos estudios podrían proporcionar información crucial para los agricultores, formuladores de políticas y científicos, ayudando a promover prácticas agrícolas más sostenibles y efectivas.

REFERENCIAS

- ADHIKARI, Kripa, BHANDARI, Sudip y ACHARYA, Subash. an overview of azolla in rice production: a review. *Reviews in Food and Agriculture* [en línea]. 2020, 2(1), 04-08 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 2735-0312. Disponible en: doi:10.26480/rfna.01.2021.04.08.
- ADZMAN, [et al]. M. Preliminary study on Azolla cultivation and characterization for sustainable biomass source. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2022. vol. 2259(1), [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 1742-6596. Disponible en : doi:10.1088/1742-6596/2259/1/012018.
- ALDÁS-JARRÍN, Juan Carlos, ZURITA-VÁSQUEZ, Saul Eduardo, VILLACÍS-ALDAZ, Pedro Pablo, POMBOZA-TAMAQUIZA. Efecto biofertilizante de azolla - anabaena en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Journal of the Selva Andina Biosphere* [en línea]. 2016, vol. 4, no. 2 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 2308-3867. Disponible en: doi:10.36610/j.jsab.2016.040200109.
- BANCO MUNDIAL. Water in agriculture. 2022. Disponible en <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- BEKUZAROVA, [et al]. Soil degradation and remediation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 913, no. 5. 2020. DOI 10.1088/1757-899X/913/5/052054. ISSN 1757899X.
- BHUVANESHWARI, K. y SINGH, Pawan Kumar. Response of nitrogen-fixing water fern Azolla biofertilization to rice crop. *3 Biotech* [en línea]. 2015, vol. 5, no. 4 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 21905738. Disponible en: doi:10.1007/s13205-014-0251-8.
- CABRE, Roser. Diseños cuasi_experimentales y longitudinales. *Universidad de Barcelona. Facultad de Psicología.*, 2012. Disponible en: <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/>
- CASTRO, R., RODRIGUEZ, Maribel, ÁLVAREZ, Gloria E., GIL, M., NOVO, R. CASTRO, R. y DIAZ, Sandra. Efecto del uso de *Azolla* en los rendimientos de cultivos en condiciones de organopónicos. *Cultivos Tropicales* [en línea]. 2009, vol. 30, no. 3 [consultado el 11 de julio de 2023]. Disponible en: <https://redalyc.org/articulo.oa?id=193215885001>
- CISSÉ, Madiama; VLEK, Paul LG. Influence of urea on biological N₂ fixation and N transfer from Azolla intercropped with rice. *Plant and soil*, 2003, vol. 250, p. 105-112. Disponible en: [doi:10.1023/A:1022830423154](https://doi.org/10.1023/A:1022830423154)
- CHRIS SHEBA, M., DEVAKI, R. y UMA, R.N. Case study on the soil physical parameters disparity and NPK concentrations in regions found in and around Pachapalayam, Coimbatore, Tamil Nadu. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, 705, 012052 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 1757-899X. Disponible en: doi:10.1088/1757-899X/705/1/012052.
- DU, Tian-Yu, HE, Hai-Yun, LU, Qian Zhang, MAO, Wen-Jing. Positive effects of organic fertilizers and biofertilizers on soil microbial community composition and

- walnut yield. *Applied Soil Ecology* [en línea]. 2022, vol. 175 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 09291393. Disponible en: doi:10.1016/j.apsoil.2022.104457
- FAO, «Manual del compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.,» 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- FLORES, Marco. Elaboración de biofertilizante líquido utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para optar al título de ingeniero pesquero. Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2017, 11 p. [Consulta: 11 de julio de 2023] Disponible: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3271/florez-jalixtomarco-antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- GAMBOA, MARCHESE y TAVARES. Salinization in Peruvian North Coast Soils: Case Study in San Pedro de Lloc. In: Taleisnik, E., Lavado, R.S. (eds) *Saline and Alkaline Soils in Latin America*. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52592-7_7
- GILLER, Ken E., KANAMPIU, Fred, HUNGRIA, Mariangela y VANLAUWE, Bernard. The role of nitrogen fixation in African smallholder agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* [en línea]. 2019, 285 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 0167-8809. Disponible en: doi:10.106/j.agee.2019.106601
- HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *Mc Graw Hill Education*. 2018. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo sus similitudes y diferencias. *ACADEMIA Accelerating the world's research*, 2014. Disponible en: https://www.academia.edu/38217933/Definiciones_de_los_enfoques_cuantitativo_y_cualitativo_sus_similitudes_y_diferencias
- HERRERA, Rebeca, VÁSQUEZ, Fernando, MOLINA, Marlene, CAPA, Mirian. Interacción de nitrógeno, fósforo y potasio sobre características del suelo, crecimiento y calidad de brotes y frutos de cacao en la Amazonía Ecuatoriana. *Bioagro* [en línea]. 2022, vol. 34, no. 3 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 1316-3361. Disponible en: doi:10.51372/bioagro343.7.
- JAMA, Aisha, WIDIASTUTI, Dwi P., GAFUR, Sutarman y DAVIS, Jessica G. Azolla Biofertilizer Is an Effective Replacement for Urea Fertilizer in Vegetable Crops. *Sustainability* [en línea]. 2023, Vol. 15, Page 6045, vol. 15, no. 7, [consulta: 26 junio 2023]. ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/SU15076045. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/7/6045/htm>.
- KARAKAS, S., DIKILITAS, M., ALMACA, A. y TIPIRDAMAZ, R. Physiological and biochemical responses of (*Aptenia cordifolia*) to salt stress and its remediative effect on saline soils. *Applied Ecology and Environmental Research* [en línea]. 2020, vol. 18, no. 1 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 17850037. Disponible en: doi: 10.15666/aeer/1801_13291345.

- S.M. Kimani, P.O. Bimantara, S. Hattori, K. Tawaraya, S. Sudo, W. Cheng, Azolla incorporation and dual cropping influences CH₄ and N₂O emissions from flooded paddy ecosystems, *Soil Sci. Plant Nutr.* 66 (1) (2020) 152–162, <https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1705736>.
- KÖSESAKAL, Taylan y YILDIZ, Mustafa. Growth performance and biochemical profile of *Azolla pinnata* and *Azolla caroliniana* grown under greenhouse conditions. *Archives of Biological Sciences* [en línea]. 2019, vol. 71, no. 3 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 03544664. Disponible en: doi:10.2298/ABS190131030K.
- LI, Peng, et al. Adaptive evaluation for agricultural sustainability of different fertilizer management options for a green manure-maize rotation system: Impacts on crop yield, soil biochemical properties and organic carbon fractions. *Science of The Total Environment*, 2023, p. 168170. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168170>
- LÓPEZ, Alejandro I. Cómo cultivar lechugas orgánicas en casa. *Pick*. 2020.
- MARZOUK, Said H., TINDWA, Hamis J., AMURI, Nyambilila A. y SEMOKA, Johnson M. An overview of underutilized benefits derived from *Azolla* as a promising biofertilizer in lowland rice production. *Heliyon* [en línea]. 2023. [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 2405-8440. Disponible en: [doi:10.1016/j.heliyon.2023.e13040](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13040)
- MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Yuniel, PÉREZ-TAMAMES, Yilian, REYES PÉREZ, Juan José, PUENTE JIMENEZ, Veronica Dayana. *Azolla* sp., UN ALIMENTO DE ALTO VALOR NUTRICIONAL PARA LA ACUICULTURA. *Biotecnia*. 2018. 20 (1), 32-40 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 1665-1456. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/527/246>
- MUSCOLO, A., et al. Growth, nutritional quality and antioxidant capacity of lettuce grown on two different soils with sulphur-based fertilizer, organic and chemical fertilizers. *Scientia Horticulturae*, 2022, vol. 305, p. 111421. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111421>
- ONU. La biodiversidad de los suelos es ignorada, pero es fundamental para alimentar al planeta. 2020. Disponible en <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485132>
- PAHALVI, H.N., RAFIYA, L., RASHID, S., NISAR, B. y KAMILI, A.N., 2021. Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs*. S.l.: s.n.,
- POTDAR, Revati P., SHIROLKAR, Mandar M., VERMA, Alok J., MORE, Pravin S. y KULKARNI, Atul. Determination of soil nutrients (NPK) using optical methods: a mini review. *Journal of Plant Nutrition* [en línea]. 2021, 44 (12) [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 1532-4087. Disponible en: doi:10.1080/01904167.2021.1884702
- RAMOS ULATE, Carmen María, PÉREZ-ÁLVAREZ, Sandra, GUERRERO-MORALES, Sergio y PALACIOS-MONARREZ, Abdon. Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como alternativas para un cultivo sustentable. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas* [en línea]. 2021, vol.

- 42, no. 2 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 0258-5936. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000200010
- RAZAVIPOUR, Teimour, MOGHADDAM, Sina Siavash, DOAEI, Sahar, NOORHOSSEINI, Seyyed Ali y DAMALAS, Christos A. Azolla (*Azolla filiculoides*) compost improves grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) under different irrigation regimes. *Agricultural Water Management* [en línea]. 2018, vol. 209 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 18732283. Disponible en: doi:10.1016/j.agwat.2018.05.020.
- RIVERA, Leonor Margarita. Comportamiento de la azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Cumbres* [en línea]. 2020, vol. 3, no. 2 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 1390-9541. Disponible en: doi:10.48190/cumbres.v3n2a9.
- SAMAL, Kailash, LAXMIPREEYA, Behera y SAHOO, Jyoti. Azolla Biofertilizer – The Nature’s Miracle Gift for Sustainable Rice Production. *Journal Home* [en línea]. 2020, vol. 2, no. 9. [consultado el 11 de julio de 2023].
- SELEIMAN, Mahmoud F., ELSHAYB, Omnia M., NADA, Abdelwahed M., EL-LEITHY, Sara a., et al. Azolla Compost as an Approach for Enhancing Growth, Productivity and Nutrient Uptake of *Oryza sativa* L. *Agronomy* [en línea]. 2022, vol. 12, no. 2 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 20734395. Disponible en: doi:10.3390/agronomy12020416.
- Smith Alan & Murdock Andy. *Azolla filiculoides*, in Jepson Flora Project (eds.) Jepson eFlora, 2012. Disponible en: https://ucjeps.berkeley.edu/eflora/eflora_display.php?tid=15380
- M.R. Setiawati, M. Damayani, D. Herdiyantoro, P. Suryatmana, D. Anggraini, F.H. Khumairah, The application dosage of *Azolla pinnata* in fresh and powder form as organic fertilizer on soil chemical properties, growth and yield of rice plant, AIP Conf. Proc. (2018) 1927, <https://doi.org/10.1063/1.5021210>.
- SOTO, Martín. Facultad de ingeniería, ciencias y gestión de la información e ingeniería de software y redes investigación institucional procesamiento de imágenes satélites. 2021. ORCID: 0000-0002-9620-0562., 2021.
- THAPA, Parbati y POUDEL, Kabita. Azolla: potential biofertilizer for increasing rice productivity, and government policy for implementation. *JOURNAL OF WASTES AND BIOMASS MANAGEMENT* [en línea]. 2021, vol. 3, no. 2 [consultado el 12 de julio de 2023]. ISSN 2710-6012. Disponible en: doi:10.26480/jwbm.02.2021.62.68.
- UTAMA, Putra, FIRNIA, Dewi y NATANAEL, Ganes. Pertumbuhan Dan Serapan Nitrogen *Azolla microphylla* Akibat Pemberian fosfat Dan Ketinggian Air Yang Berbeda. *Agrologia* [en línea]. 2015, 4 (1). ISSN 2590-9636. DOI 10.30598/a.v4i1.217.
- VARGAS CORDERO, Zoila Rosa. La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* [en línea]. 2009, vol. 33, no. 1 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 0379-7082. Disponible en: doi:10.15517/revedu.v33i1.538.

- WIDYARTINI, Dwi, HIDAYAH, Hexa y INSAN, Ilalqisny. Budidaya Azolla microphylla menggunakan Kotoran Kambing. *Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX*. 2019. [consultado el 11 de julio de 2023].
- YAO, Yuanlin, et al. Azolla biofertilizer for improving low nitrogen use efficiency in an intensive rice cropping system. *Field Crops Research*, 2018, vol. 216, p. 158-164. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.020>
- ZHU, Wen-Bin, ZENG, Ke, TIAN, Yu-Hua y YIN, Bin. Coupling side-deep fertilization with Azolla to reduce ammonia volatilization while achieving a higher net economic benefits in rice cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* [en línea]. 2022, vol. 333 [consultado el 11 de julio de 2023]. ISSN 01678809. Disponible en: doi:10.1016/j.agee.2022.107976.
- ZHU, Rui, et al. How to remediate sulfate - nitrate salinized greenhouse soil? An optimal combination of organic amendment, fertilizer and irrigation. *Scientia Horticulturae*, 2023 , vol. 321 , p. 112264. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.11226>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

| Problema General | Objetivo General | Hipótesis General | Operacionalización de Variables | | |
|--|---|--|--|-------------------------------------|---|
| | | | Variables | Dimensiones | Indicadores |
| ¿Cuál es el efecto de la aplicación del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> en el suelo del fundo Don Dionisio- Huaral, Lima, 2023? | Analizar el efecto de la aplicación del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> en el suelo del fundo Don Dionisio- Huaral, Lima, 2023. | El efecto del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> en el suelo es favorable debido a que las hortalizas logran mayor crecimiento. | Aplicación del biofertilizante | Área de trabajo | 90 m ² |
| | | | | Número de plantas | 0.028 Kg. de <i>Azolla sp</i> en la Línea 1 |
| | | | | Características de la hortaliza | Semana 1- 8 |
| Problema Específico | Objetivo Específico | Hipótesis Específicas | | | |
| ¿Cuál es la composición química del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> que se aplicará en el suelo del cultivo del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023? | Determinar la composición química del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> que se aplicará en el suelo del cultivo del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023. | La composición química del biofertilizante es de 0.25% nitrógeno, fósforo 0.5% y potasio 0.55%. | Impacto en el cultivo | Características del biofertilizante | N |
| | | | | | P |
| K | | | | | |
| ¿Cuál es el efecto en el desarrollo del cultivo de Lechuga por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023? | Evaluar el efecto en el desarrollo del cultivo de Lechuga por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023. | El efecto de la aplicación del biofertilizante favorece el crecimiento de la hortaliza en 0.5mm. | | | |
| ¿Cuál es el efecto de los parámetros fisicoquímicos del suelo por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023? | Evaluar el efecto de los parámetros fisicoquímicos del suelo por la aplicación del biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> del fundo Don Dionisio, Huaral - Lima, 2023. | El efecto de los parámetros fisicoquímicos del suelo es favorable debido a que aumenta sus valores de NPK en un 0.1%. | Características Físicas y Químicas del suelo | Temperatura | |
| | | | | pH | |
| | | | | M.O | |
| | | | | Textura | |

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

| Aplicación de biofertilizante a partir de la planta <i>Azolla sp.</i> en el suelo del fundo Don Dionisio- Huaral, Lima, 2023 | | | | | | |
|--|---|--|-------------------------------------|---|------------------------------|----|
| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de medición/ unidades | |
| Independiente: Aplicación del fertilizante | En la aplicación de fertilizantes orgánicos se destaca el uso de <i>Azolla sp</i> debido a que este helecho es de fácil acceso y su mecanismo aportar mejoras en el nitrógeno de las plantas, el cual afecta directamente a la mejora de los cultivos (Méndez et al., 2018) | Para la aplicación del biofertilizante se considerará un área de trabajo, y se evaluará las características del biofertilizante | Área de trabajo | 40mx10m | m ² | |
| | | | Número de plantas | 0.028 Kg. de <i>Azolla sp</i> en la Línea 1 | Escala de intervalo | |
| | | | Características de la hortaliza | Semana 1 - 8 | Raíz | cm |
| | | | | | Tallo | |
| Hojas | | | | | | |
| Dependiente: Impacto en el cultivo | Las propiedades fisicoquímicas del suelo afectan directamente a la producción de las cosechas, y la mayor influencia en ellos son los macronutrientes, los cuales brindan mejores productos agrícolas y, por ende, mejores ganancias (Potdar et al. 2021, Herrera et al. 2022, Chris, Devaki y Uma, 2019) | Para los parámetros de la calidad del suelo se evaluaron los parámetros físicos y químicos de este y, además, se evaluaron las características de la lechuga antes y después del uso del fertilizante. | Características físicas y químicas | N | % | |
| | | | | P | % | |
| | | | | K | % | |
| | | | Características del biofertilizante | Temperatura | °C | |
| | | | | pH | 0 - 14 | |
| | | | | M.O | % | |
| | | | | Textura | % | |

Anexo 3. Instrumentos y formatos de validación

| Ficha 1. Registro de datos y descripción de muestras | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|--|-------------|--------------|------------------------|-------------------------|-----------|----------------|----------|----------|----------|----------------|-------------|
| Título | | Aplicación de biofertilizante a partir de la planta Azolla sp. en el fundo Don Dionisio - Huaral, Lima, 2023 | | | | | | | | | | | |
| Línea de investigación | | Calidad y Gestión de los Recursos Naturales | | | | | | | | | | | |
| Responsables | | Ccorahua Retuerto, Nahomy Maryflor | | | | | | | | | | | |
| Asesor | | Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto | | | | | | | | | | | |
| Información de la muestra | | | | | | | | | | | | | |
| Identificación de la muestra | | | | | Toma de muestra | Parámetros | | | | | | | |
| Código | N° de muestra | Coordenadas UTM | | Fecha | | Temperatura (°C) | pH | M.O (%) | N | P | K | Textura | |
| | | Norte | Este | | Arena | | | | | | | Arcilla | Limo |
| Antes del sembrado | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Después del sembrado | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI No 19889810. Telf.: 964538375

Mgtr. Sixto Mendoza
DNI 06759852

Ficha 2. Registro de plantaciones y control de seguimiento

| | |
|-------------------------------|---|
| Título | Aplicación de biofertilizante a partir de la planta Azolla sp. en el fundo Don Dionisio- Huaral, Lima, 2023 |
| Línea de investigación | Calidad y Gestión de los Recursos Naturales |
| Responsables | Ccorahua Retuerto, Nahomy Maryflor |
| Asesor | Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto |

Información del crecimiento de la lechuga

| Línea | Identificación de la muestra | | | Toma de muestra | Fenología | | |
|----------|------------------------------|-----------------|------|-----------------|-----------|-------|--|
| | Código | Coordenadas UTM | | | | | |
| | | Norte | Este | Raíz | Tallo | Hojas | |
| | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| | | | | | | | |



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI No 19889810. Telf.: 964538375



Mgtr. Sixto Mendoza
DNI 06759852

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. RUBÉN MUNIVE CERRON
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. Registro de datos y descripción de muestras
- 1.5. Autor de Instrumento: Nahomy Maryflor Ccorahua Retuerto

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | X | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | X | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | X | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | X | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | X | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | X | | | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| - |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 85 % |
|------|



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI No 19889810. Telf.: 964538375

Lima 07 de julio del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Dr. RUBÉN MUNIVE CERRON

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo

1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2. Registro de plantaciones y control de seguimiento

1.5. Autor de Instrumento: Nahomy Maryflor Ccorahua Retuerto

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | X | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | X | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | X | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | X | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | X | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | X | | | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| - |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 85 % |
|------|



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
DNI No 19889810. Telf.: 964538375

Lima 07 de julio del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. SIXTO SANTIAGO MENDOZA VILCA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. Registro de datos y descripción de muestras
- 1.5. Autor de Instrumento: Nahomy Maryflor Ccorahua Retuerto

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | X | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | X | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | X | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | X | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | X | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | X | | | |

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| - |

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 85 % |
|------|



Mgtr. Sixto Mendoza
DNI 06759852

Lima 07 de julio del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. SIXTO SANTIAGO MENDOZA VILCA
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2. Registro de plantaciones y control de seguimiento
- 1.5. Autor de Instrumento: Nahomy Maryflor Ccorahua Retuerto

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | X | | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | X | | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | X | | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | X | | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | X | | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | X | | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | X | | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | X | | | |

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| - |

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 85 % |
|------|



Mgtr. Sixto Mendoza
DNI 06759852

Lima 07 de julio del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mgtr. GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. Registro de datos y descripción de muestras
- 1.5. Autor de Instrumento: Nahomy Maryflor Ccorahua Retuerto

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | X | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | X | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | X | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | X | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | X | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | X | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | X | | |

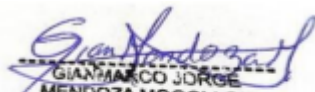
XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 90 % |
|------|


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLÓN
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348

Lima 21 de junio del 2023

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mgtr. GIANMARCO JORGE MENDOZA MOGOLLÓN
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de los Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 2. Registro de plantaciones y control de seguimiento
- 1.5. Autor de Instrumento: Nahomy Maryflor Ccorahua Retuerto

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | X | | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | X | | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | X | | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | X | | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | X | | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | X | | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | X | | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | X | | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | X | | |


XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| - |

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 90 % |
|------|


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLÓN
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348

Lima 21 de junio del 2023

Anexo 4. Delimitación del área de estudio y obtención de *Azolla* sp.

Anexo 5. Toma de muestra

Anexo 6. Proceso experimental

Anexo 7. Medición de las plantas

Anexo 8. Fertilización



Fertilización N. 02



Fertilización N. 03



Fertilización N. 04



Fertilización 05

Anexo 9. Prueba de Normalidad para el tratamiento de los datos

| Pruebas de normalidad | | | | |
|---------------------------------|---------|--------------|----|-------|
| | Días | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| pH | 30 Días | ,811 | 3 | ,142 |
| | 60 Días | ,855 | 3 | ,253 |
| Temperatura (°C) | 30 Días | ,770 | 3 | ,044 |
| | 60 Días | ,832 | 3 | ,194 |
| Conductividad Eléctrica (mS/cm) | 30 Días | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 60 Días | ,832 | 3 | ,194 |
| Humedad (%) | 30 Días | ,910 | 3 | ,418 |
| | 60 Días | ,790 | 3 | ,092 |
| M.O (%) | 30 Días | 1,000 | 3 | ,987 |
| | 60 Días | ,987 | 3 | ,780 |
| N (%) | 30 Días | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 60 Días | ,987 | 3 | ,780 |
| P (%) | 30 Días | ,923 | 3 | ,463 |
| | 60 Días | ,990 | 3 | ,806 |
| K (%) | 30 Días | ,916 | 3 | ,439 |
| | 60 Días | 1,000 | 3 | 1,000 |
| Arena (%) | 30 Días | ,800 | 3 | ,114 |
| | 60 Días | 1,000 | 3 | 1,000 |
| Arcilla (%) | 30 Días | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | 60 Días | ,775 | 3 | ,154 |
| Limo (%) | 30 Días | ,807 | 3 | ,132 |
| | 60 Días | ,964 | 3 | ,637 |

^a. Corrección de significación de Lilliefors

Anexo 10. Análisis de varianza ANOVA

| ANOVA | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| pH | Entre grupos | ,093 | 2 | ,047 | 4,200 | ,041 |
| | Dentro de grupos | ,091 | 3 | ,030 | | |
| | Total | ,184 | 5 | | | |
| Temperatura (°C) | Entre grupos | 7,063 | 2 | 3,532 | 5,200 | ,032 |
| | Dentro de grupos | 4,205 | 3 | 1,402 | | |
| | Total | 11,268 | 5 | | | |
| Conductividad Eléctrica (mS/cm) | Entre grupos | ,120 | 2 | ,060 | 1,219 | ,025 |
| | Dentro de grupos | ,148 | 3 | ,049 | | |
| | Total | ,269 | 5 | | | |
| Humedad (%) | Entre grupos | 1,059 | 2 | ,529 | 8,106 | ,012 |
| | Dentro de grupos | ,196 | 3 | ,065 | | |
| | Total | 1,255 | 5 | | | |
| M.O (%) | Entre grupos | ,072 | 2 | ,036 | 1,266 | ,047 |
| | Dentro de grupos | ,085 | 3 | ,028 | | |
| | Total | ,157 | 5 | | | |
| N (%) | Entre grupos | ,231 | 2 | ,115 | 10,600 | ,045 |
| | Dentro de grupos | ,033 | 3 | ,011 | | |
| | Total | ,263 | 5 | | | |
| P (%) | Entre grupos | ,046 | 2 | ,023 | 17,500 | ,035 |
| | Dentro de grupos | ,004 | 3 | ,001 | | |
| | Total | ,050 | 5 | | | |
| K (%) | Entre grupos | ,094 | 2 | ,047 | 7,483 | ,015 |
| | Dentro de grupos | ,019 | 3 | ,006 | | |
| | Total | ,113 | 5 | | | |
| Arena (%) | Entre grupos | 102,333 | 2 | 51,167 | 2,817 | ,028 |
| | Dentro de grupos | 54,500 | 3 | 18,167 | | |
| | Total | 156,833 | 5 | | | |
| Arcilla (%) | Entre grupos | 1,333 | 2 | ,667 | 7,100 | ,049 |
| | Dentro de grupos | 10,000 | 3 | 3,333 | | |
| | Total | 11,333 | 5 | | | |
| Limo (%) | Entre grupos | 102,333 | 2 | 51,167 | 69,000 | ,042 |
| | Dentro de grupos | 22,500 | 3 | 7,500 | | |
| | Total | 124,833 | 5 | | | |