



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz  
mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Reategui Hidalgo, Erika Tatiana ([orcid.org/0000-0002-4897-7318](https://orcid.org/0000-0002-4897-7318))  
Shapiama Chashnamote, Anselmo ([orcid.org/0000-0002-7357-1686](https://orcid.org/0000-0002-7357-1686))

**ASESOR:**

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo ([orcid.org/0000-0003-3536-881X](https://orcid.org/0000-0003-3536-881X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2023

## Dedicatoria

A Dios todopoderoso por estar en todo nuestro trabajo para obtener el título de ingeniero ambiental, así como a mis padres Anselmo y Sofia por darme la vida, a mi esposa Georgina y a mi hija Yassira por motivarme en todo momento a cumplir este sueño profesional.

***“Anselmo Shapiama Chashnamote”***

A mis padres Jorge Reategui y Mishella Hidalgo porque creyeron en mí, a quienes agradezco infinitamente por ser el soporte en mi vida, por el esfuerzo y motivación a perseguir mis sueños. A mi hermana Fiorella Reategui por el apoyo incondicional que me brindó a lo largo de esta etapa y así poder cumplir mis metas trazadas.

***“Erika Tatiana Reátegui Hidalgo”***

## **Agradecimiento**

A Dios por ser quien derrama bendición en el trabajo y estudio es por eso que estoy eternamente agradecido. A mi familia por ser el motivo de mis logros, también agradecer a la Universidad César Vallejo por la confianza de nuestra capacidad que a pesar de todo nos brindó seguridad y buen trato.

***“Anselmo Shapiama Chashnamote”***

A Dios por iluminar mi camino, por permanecer junto a mí siempre, por protegerme e iluminarme de sabiduría. A mis Padres que son el pilar fundamental en mi vida y educación, pues ellos son mi mayor inspiración ya que con su amor, buenos valores y pleno apoyo guían mi camino hacia el éxito. A mi Hermana por brindarme su tiempo, respaldo y por su impulso constante. A nuestro asesor por el conocimiento, por guiarnos a lo largo del desarrollo de la tesis.

***“Erika Tatiana Reátegui Hidalgo”***

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
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.....	12
3.5. Procedimiento .....	12
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos .....	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN .....	33
VI. CONCLUSIONES .....	39
VII. RECOMENDACIONES .....	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS.....	49

## Índice de tablas

Tabla 1: Descripción de los tratamientos .....	16
Tabla 2: Caracterización físicas y químicas del biochar de cáscara de cacao .....	19
Tabla 3: Características físicas y químicas del biochar de residuos orgánicos .....	20
Tabla 4: Dosis aplicadas de los biochar a los tratamientos en masetas .....	21
Tabla 5: Propiedades físicas del suelo de cultivo de arroz.....	23
Tabla 6: Propiedades químicas del suelo de cultivos de arroz.....	23
Tabla 7: Propiedades biológicas del suelo de cultivo de arroz.....	24
Tabla 8: Textura del suelo fertilizado con biochar .....	25
Tabla 9: Análisis de varianza de materia orgánica del suelo tratado.....	26
Tabla 10: Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del suelo tratado .....	27
Tabla 11: Análisis de varianza del pH del suelo tratado.....	28
Tabla 12: Análisis de varianza del nitrógeno del suelo tratado.....	29
Tabla 13: Análisis de varianza del fósforo del suelo tratado.....	30
Tabla 14: Análisis de varianza del potasio del suelo tratado.....	31

## Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio.....	13
Figura 2: Elaboración del biochar de cáscara de cacao.....	14
Figura 3: Elaboración del biochar de residuos orgánicos.....	15
Figura 4: Diagrama de flujo de aplicación de biochar.....	17
Figura 5: relación de dosis del biochar aplicado.....	21
Figura 6: Puntos de muestreo de las condiciones iniciales de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.....	22
Figura 7: Textura del suelo tratado con biochar.....	25
Figura 8: Porcentaje de materia orgánica en los suelos tratados.....	26
Figura 9: Porcentaje de conductividad eléctrica en los suelos tratados.....	27
Figura 10: Porcentaje del pH en los suelos tratados.....	28
Figura 11: Porcentaje del nitrógeno en los suelos tratados.....	29
Figura 12: Porcentaje de fósforo en los suelos tratados.....	30
Figura 13: Porcentaje de potasio en los suelos tratados.....	31

## Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo mejorar la fertilidad de los suelos de cultivos de arroz utilizando Biochar elaborado a partir de residuos orgánicos en Tarapoto, Región San Martín. El tipo de investigación fue aplicada, el diseño cuasiexperimental. Los resultados de las características iniciales del suelo en cuanto a arena 48.56 %, arcilla 33.25 % y limo 18.19 %; porosidad 2.22 g/cm<sup>3</sup>, humedad 42%, nitrógeno 0.1 %, 6.12 ppm de fósforo, 112.23 ppm de potasio, 5.24 Meq/100g de calcio, pH 5.15, CIC 7.24, materia orgánica 2.15 % y parámetros biológicos, hormigas, lombrices, grillos y arañas. También las características fisicoquímicas del biochar de cáscara de cacao y residuos orgánicos: el pH, C.E, MO, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso. Las dosis usadas en el tratamiento fueron de 200 y 250 gr/kg de suelo. Logrando mejorar la fertilidad del suelo en el tratamiento T3 la materia orgánica con 4.4300 %, conductividad eléctrica con 99.333  $\mu$ S/cm, pH con 7.2333, nitrógeno 0.1278%, fósforo con 14.5667 y potasio con 245.6833 ppm. Se concluyó que las características fisicoquímicas y biológicas del suelo con 250 gr de biochar en T3 de cáscara de cacao tuvo los mejores valores demostrando mejorar la fertilidad del mismo.

**Palabras clave:** Suelo, biochar, fertilidad, cultivos de arroz.

## **Abstract**

The objective of the research work was to improve the fertility of rice crop soils using Biochar made from organic waste in Tarapoto, San Martín Region. The type of research was applied, the quasi-experimental design. The results of the initial characteristics of the soil in terms of sand 48.56%, clay 33.25% and silt 18.19%; porosity 2.22 g/cm<sup>3</sup>, humidity 42%, nitrogen 0.1%, phosphorus 6.12 ppm, potassium 112.23 ppm, calcium 5.24 Meq/100g, pH 5.15, CEC 7.24, organic matter 2.15% and biological parameters, ants, earthworms, crickets and spiders. Also, the physicochemical characteristics of the cocoa shell biochar and organic residues: pH, C.E, MO, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, zinc, manganese. The doses used in the treatment were 200 and 250 gr/kg of soil. Managing to improve soil fertility in treatment T3 organic matter with 4.4300%, electrical conductivity with 99.333 μS/cm, pH with 7.2333, nitrogen 0.1278%, phosphorus with 14.5667 and potassium with 245.6833 ppm. It was concluded that the physicochemical and biological characteristics of the soil with 250 gr of biochar in T3 of cocoa husk had the best values, demonstrating improved fertility.

**Keywords:** Soil, biochar, fertility, rice crops.



## I. INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIX, el suelo ha sido contaminado por agroquímicos debido a su uso indiscriminado para prevenir plagas y enfermedades, siendo su uso excesivo una afectación negativa a la (micro) biota del suelo (Oladele et al. 2019).

Además, las tecnologías agrícolas actuales siguen siendo insostenibles que han resultado en una gran cantidad de efluentes, por prácticas tóxicas que se emiten directa o indirectamente al suelo y los nanomateriales han complicado aún más el escenario del suelo en la degradación (Meena et al. 2020). Los productos químicos también en la actualidad son muy significativos en el perfeccionamiento de los cultivos agrícolas, pero su uso intensivo daña la naturaleza, causan problemas ecológicos en la calidad del suelo y aumentan el impacto en el suelo agrícola, alterando la naturaleza de la biodiversidad e impactando la pérdida de recursos biológicos (Shaaban et al. 2018).

El uso desequilibrado de agroquímicos conduce a un cambio en la comunidad de microorganismos del suelo con consecuencias peligrosas, como el desarrollo de resistencia a los antimicrobianos (Wang y Wang, 2019 y Song et al. 2018). Así como, en los sistemas agrícolas puede influir negativamente en los microorganismos del suelo que participan principalmente en los procesos del ciclo de nutrientes, como la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y biotransformación de otros nutrientes esenciales, algunos agroquímicos reducen la reacción bioquímica y las actividades de las enzimas del suelo que son indicadores clave de la salud microbiológica del suelo (Mandal et al. 2020).

En Perú, el arroz es el alimento más consumido por la población. La producción de este cultivo se ha incrementado en las últimas décadas debido a la mejora de los rendimientos por el uso indiscriminado de plaguicidas (Ticona, 2022). Además de ser el principal exportador de este cultivo de arroz a Brasil y Estados Unidos, paga un precio justo por el producto (MINAGRI, 2017) Este producto por lo general forja un promedio de \$100 millones por ventas por año en la región selvática (SENASA, 2017).

El distrito de Tarapoto de la región San Martín no está libre de contaminación por plaguicidas por ser un sector arrocerero con una huella de 112.000 51 hectáreas, un

recurso que escasea en verano y contribuye a la reducción de la producción debido a una mejor planificación agrícola con variedades mejoradas y suficiente agua para el riego (Guvín, 2018).

La intención de este estudio es aplicar biocarbón, un factor clave en la regulación de diversos procesos vinculados con la producción agrícola. Su principal función se conoce como medio o sustrato para equilibrar la capacidad original de materia orgánica en el suelo.

Seguidamente, se formula el problema general: ¿La aplicación del biochar mejorará la fertilidad de los suelos en cultivo de arroz en Tarapoto, San Martín? Seguido de los problemas específicos: PE1: ¿Cuáles serán las características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que serán aplicados en el mejoramiento de la fertilidad del suelo de cultivos de arroz?, PE2: ¿Cuáles son las dosis de aplicación de los dos tipos de biochar para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo?, PE3: ¿Cuál es la condición del suelo extraído del distrito de Tarapoto, San Martín mediante la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos?, PE4: ¿Cuáles son características físicas, químicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar de cáscara de cacao y de residuos orgánicos?

Por otro lado, la investigación en su justificación social, Se indicó a la población a utilizar una técnica de remediación del suelo de cultivos de arroz con biochar, disminuyendo el uso de compuestos químicos que afectan directamente al ambiente y a la salud de las personas que se encuentran expuestos en los sembríos agrícolas. Del mismo modo, la justificación económica, se buscó mejorar los rendimientos productivos debido a la disminución de nutrientes del suelo, conjuntamente a los ingresos económicos de los agricultores y abasteciendo la demanda en los mercados de la ciudad; por último, justificación ambiental, La investigación fue como un instrumento para los agricultores e involucrados en el manejo de cultivos sostenibles en la región San Martín, proponiendo alternativas amigables con el ambiente con la aplicación de biochar minimizando la contaminación del suelo y restaurar la calidad del mismo.

Para el proyecto de investigación tenemos los objetivos, objetivo general: Mejorar la fertilidad de los suelos de cultivos de arroz utilizando Biochar elaborado a partir de residuos orgánicos en Tarapoto, Región San Martín; y como objetivos específicos: OE1: Determinar las características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que serán aplicados en el mejoramiento de la fertilidad del suelo de cultivos de arroz; OE2: Establecer las dosis de aplicación de los dos tipos de biochar para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; OE3: Determinar las condiciones del suelo extraído del distrito de Tarapoto, San Martín mediante la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos; OE4: Determinar las características físicas, químicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar de cascara de cacao y de residuos orgánicos.

Por consiguiente, se formula como hipótesis general: La aplicación de biochar mejora la fertilidad del suelo en cultivos de arroz en Tarapoto, San Martín 2023.

Seguido de las Hipótesis específicas: HE1: Los análisis de laboratorio permitirán establecer las características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que permitirán mejorar la fertilidad del suelo de cultivos de arroz; HE2: Las dosis de 200 y 250 gr de los dos tipos de biochar permitirán mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo; HE3: Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en cultivo de arroz son diferentes después de la aplicación del biochar; HE4: Las características físicas, químicas y biológicas del suelo influyen en la recuperación de la fertilidad del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar de cáscara de cacao y de residuos orgánicos.

## II. MARCO TEÓRICO

Wang et al. (2018), evaluaron los efectos de remediación de los bioacondicionadores vermicompost (VC) y biocarbón (BC) en suelos contaminados con cadmio en base al progreso de la fertilidad del suelo en el aumento de producción agrícolas. Los resultados por aplicación de vermicompost (VC) y biocarbón (BC) en el suelo, los porcentajes de Cd extraíble con HOAc disminuyeron 5.2–6.8%, 9.0–13.5% y 7.9–12.1% en los grupos enmendados con VC, BC y VC combinado BC. Cuando el pH de la lluvia disminuyó de 7.0 a 4.0, la actividad de la fosfatasa ácida disminuyó 2.0%, 12.3%, 3.2%, 14.8% en los grupos VC, BC, VC combinado BC y control, individualmente. Concluyeron que la aplicación de acondicionadores de suelo, la amenaza de metales pesados junto con la biodisponibilidad de Cd se redujo y se mejoraron las propiedades de los indicadores bioquímicos del suelo.

Tian et al. (2018), investigaron los efectos de las sucesivas aplicaciones de biocarbón a diferentes tasas en el rendimiento del algodón y en la distribución de nutrientes del suelo en el perfil de suelo de 0 a 100 cm. Se aplicó biocarbón a 0.5, 10 y 20 t/ha<sup>-1</sup> expresada como control, BC5, BC10 y BC20, para cada campaña algodonera, con idénticas dosis de fertilizantes químicos. Los resultados mostraron que el biocarbón mejoró el rendimiento de fibra de algodón en un 8.0–15.8%, 9.3–13.9% y 9.2–21.9% en 2013, 2014 y 2015 y los altos niveles de aplicación de biocarbón lograron altos rendimientos de algodón cada año. Se concluyó que las enmiendas sucesivas de biocarbón tienen el potencial de mejorar la productividad del algodón y la fertilidad del suelo al tiempo que reducen la lixiviación de nitrato.

Bhawana y Weatherley (2018), se realizó un experimento de co-compostaje para acelerar el envejecimiento artificial del biocarbón urbano (UB) con el objetivo de lograr *terra preta similarefecto*. Una parte de la UB se colocó en bolsas de basura dentro de la biomasa de compostaje para examinar más de cerca los efectos del co-compostaje. La adición de un 10% de UB a los residuos de alimentos aceleró el proceso de compostaje. Según lo medido a partir de las bolsas de basura, el co-compostaje de UB con desechos de alimentos aumentó la CIC, el pH, la EC y la carga de nitrógeno de las UB compostadas en relación con las UB no compostadas. Sin embargo, el proceso de compostaje redujo el área de superficie BET y la

porosidad de UB probablemente por el obstáculo de los poros por la materia orgánica liberada durante el compostaje. Los resultados del experimento con macetas mostraron un mayor crecimiento de las plantas, menores emisiones de N<sub>2</sub>O y una mayor eficiencia en el uso de nitrógeno en el suelo enmendado con UB que en el suelo enmendado con compost y UB co-compostado.

Mohan et al. (2018), investigó la concentración de biocarbón para optimizar la productividad del suelo, secuestrar carbono e incrementar la producción de cultivos. Los biochares de cascarilla de arroz (RHBC) y rastrojo de maíz (CSBC) se obtuvieron por pirólisis lenta a 650 °C y 550 °C, respectivamente. Se caracterizaron RHBC y CSBC (SEM, SEM-EDX, TEM, FTIR, XRD, análisis elemental y SBET). Las cáscaras y los rastrojos sin pirolizar también se usaron para mejorar el suelo y se compararon con biocarbón en diferentes proporciones en un entorno de incubación controlado durante 107 días. No se aplicaron fertilizantes. Un aumento en la capacidad de detención de agua, carbono orgánico total, CIC y una disminución en el CO<sub>2</sub> del suelo. Se observaron emisiones después del uso de biocarbón al suelo frente al uso de las cáscaras originales o el rastrojo. Estos biocarbón mejoraron la productividad del suelo y mejoraron el crecimiento de berenjena (altura, número de hojas, peso fresco y seco). Además, se logró la mitigación del carbono porque el biocarbón se mantuvo estable en el suelo logrando un secuestro de carbono a más largo plazo. Ambos carbonos se pueden utilizar para el secuestro de carbono y enmiendas del suelo.

Oladele et al. (2019), han informado que el biocarbón y los fertilizantes inorgánicos, cuando se aplican conjuntamente, aumentan la utilidad de los cultivos y mejoran la fertilidad del suelo. Los resultados mostraron que la combinación de biocarbón y fertilizante nitrogenado ejerció un efecto interactivo significativo ( $P > 0.05$ ) sobre el índice de cosecha de arroz, el rendimiento de grano y paja y la eficiencia en el uso de nitrógeno. La interacción entre el biocarbón y el fertilizante nitrogenado aumentó la eficiencia agronómica en un 140% y la recuperación de nutrientes del grano en un 191% durante 2 años. La combinación de biocarbón y fertilizante nitrogenado redujo la densidad aparente del suelo, incrementó la capacidad de detención de agua y el estado químico del suelo, como pH, N, P, K, Corg, Ca, ECEC y saturación de bases, todo dentro de los 10 cm superiores de profundidad del suelo.

Liu et al. (2020), evaluaron la eficiencia en el uso de carbono microbiano y secuestro de carbono en suelos, se recolectaron muestras de la capa superficial del suelo de tierras altas y de arrozales, ambos modificados previamente con paja y biocarbón derivado de la paja. La enmienda de paja (SA), BA redujo significativamente las tasas de mineralización del carbono orgánico del suelo nativo (SOC) en un 19.7%–20.1% y un 9.2%–12.0% en los suelos de tierras altas y arrozales, respectivamente. Mientras tanto, la mineralización total de carbono del LMR recién agregado se redujo significativamente en un 12.9% y un 11.1% en los suelos modificados con biocarbón.

Bashir et al. (2019), evaluaron la eficiencia comparativa del biocarbón derivado de la cáscara de arroz (RHB) y el estabilizador metálico de escoria de acero (SS) en la disminución de la movilidad y biodisponibilidad del Cd en el repollo chino cultivado en suelo rojo contaminado con ácido, Los resultados indicaron que la aplicación de biochar aumentó significativamente las características químicas del suelo, incluido el pH del suelo, la CIC, los nutrientes y la materia orgánica. La porción soluble de Cd en el suelo disminuyó significativamente en 17.6–31.2% y 7.8–11.7% para RHB y SS a una tasa de aplicación de 1,5% y 3%, respectivamente. Además, la bioaccesibilidad de Cd disminuyó significativamente en un 37.08% con RHB y en un 11.3% con SS a una tasa del 3%.

Farhangi et al. (2021), realizaron un metaanálisis para identificar los efectos del biocarbón en el rendimiento de granos (GY), el rendimiento biológico (BY) y el peso de 1000 granos (TGW) de cuatro cultivos dominantes (trigo, maíz, arroz y soja). En comparación con el control, el biocarbón aumentó la GY del maíz y el trigo en un 28 y un 13% respectivamente, mientras que otros cultivos no se vieron afectados significativamente. Nuestro análisis reveló que las tasas de aplicación más efectivas de biochar oscilaron entre 1 y 10 t/ha<sup>-1</sup>, que mejoró significativamente GY (65%), BY (38%) y TGW (23%). El biocarbón aplicado a un suelo de textura gruesa con un pH ≤ 7,5 aumentó considerablemente el GY. Las materias primas de biocarbón de origen animal y residuos de cultivos tuvieron efectos significativos en GY en comparación con los residuos leñosos.

Hu et al. (2020), encontraron las enmiendas con mejor desempeño para la remediación de Cd en suelos con diferentes rangos de pH y SOM. La inmovilización

con Cd fue más efectiva con la presencia de 20 a 30 g/kg de MOS; exceso de Cd activado por MOS en el suelo. El material sintético pareció ser la enmienda más eficaz en la inmovilización de la fracción intercambiable de Cd en el suelo con una tasa de inhibición del 42.5%. El biocarbón mostró el efecto de inhibición más fuerte en la absorción de Cd por parte del arroz (tasa de inhibición del 65.2%), mientras que el material orgánico exhibió el efecto de inmovilización más bajo.

Oladele et al. (2019), determinaron los cambios del aumento de producción y caracterización del suelo del cultivo de arroz seco bajo la influencia de la enmienda biocarbón. La aplicación de biocarbón mejoró las actividades de las enzimas del suelo, las secreciones rizosféricas involucradas en el ciclo de C, N, P y la solubilización de nutrientes que influyen en la retención de nutrientes del suelo, la disponibilidad y el mejoramiento de los cultivos. Aplicación de biocarbón a 3–6 t/ha<sup>-1</sup> significativamente ( $P < 0.05$ ) aumentó el rendimiento de grano de arroz en un 46% y el rendimiento de paja en un 47%.

Xiao et al. (2019), realizaron investigaciones comparativas sobre los efectos de la paja de cultivo y sus bichares derivados en la disponibilidad y movilidad de Cd y Zn en el suelo. Los resultados indicaron que el biochar, especialmente aquellos que tenían un pH alto, mejoró el pH del suelo ( $> 0.2$  unidades,  $p < 0.05$ ), mientras que se observó una reducción continua del pH del suelo entre los tratamientos con paja de cultivo. Tanto la CE del suelo como el contenido de MO aumentaron con la aplicación de paja de cultivo y biocarbón.

Seguidamente en base a las bases teóricas se menciona que: El suelo es el manto superior de la tierra que se encuentra entre el lecho rocoso y la superficie. Se compone de partículas tales como minerales, materia orgánica, agua, aire y microorganismos. Es el intermedio entre el agua, tierra y aire, convirtiendo una potencia que realiza no solo una función funcional, sino también una función natural (Nagar et al. 2018). No se consideran cubiertas permanentemente por una capa de agua superficial (Araujo et al. 2021).

Los suelos contaminados, a su vez, son aquellos cuyas propiedades físicas, biológicas, químicas que son afectadas de manera negativa por la presencia de componentes antropogénicos nocivos en concentraciones que son un peligro para

la salud y el entorno, se dice que es todo lo que existe. Por reglamentos y normas establecidas por el gobierno (Murtaza et al. 2021).

La degradación del suelo es causada por la contaminación. Esto se entiende como un desequilibrio en sus propiedades y una productividad limitada (Díaz, 2021 y Acuña, 2021). La degradación del suelo induce a la disminución de fertilidad del suelo, aumento de la salinidad, aumento de la acidez, reducción de la materia orgánica y el desequilibrio biológico del suelo (Ullah et al. 2020).

La degradación del suelo simplemente reduce la capacidad del suelo para mantener una productividad sostenible (Farhangi et al. 2021). La sostenibilidad no significa, sin embargo, la consecución continua de niveles de productividad, sino la resiliencia del suelo (Gonzaga et al., 2018). La capacidad de recobrar ligeramente los anteriores niveles de producción o reanudar una tendencia creciente en la productividad después de extremos opuestos debido a inundaciones, sequías, abandono, mala gestión humana y otros factores (Yang et al. 2019).

El biocarbón es un producto con alto contenido de carbono, como resultado de la descomposición termoquímica de residuos orgánicos, normalmente a temperaturas entre 300 y 700 °C, sin oxígeno (pirólisis) (Yao et al. 2021). Los procesos de pirólisis estabilizan el carbono presente en la materia orgánica, haciéndola más resistente a la destrucción biológica y química, para que no se degrade al incorporarse al suelo, dejando el carbono intacto en la atmósfera. Un caso de destrucción del suelo es la materia orgánica no pirolizada (Mohan et al. 2018). Las características del biocarbón ofrecen el potencial para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, aumentar los rendimientos y promover el secuestro de carbono, lo que convierte al biocarbón en una herramienta para combatir incluso el cambio climático (Zhang et al. 2020).

Para los desechos orgánicos, el biochar se considera las materias primas usadas en la elaboración de biocarbón, así como las reacciones químicas que suceden durante el proceso de pirólisis, sin duda determinan la estructura específica y las propiedades químicas del biocarbón, convirtiéndolo en un material muy heterogéneo. Los componentes orgánicos que forman la biomasa inicial afectan directamente las propiedades químicas y físicas del biocarbón formado, que



determinan el efecto fortalecedor y el tiempo de residencia del biocarbón en el suelo (Zhao et al. 2021).

El desecho utilizado para producir biocarbón son las cáscaras de cacao, que se secan, muelen y tamizan y luego se carbonizan en un proceso de pirólisis con un tiempo de reacción promedio de aprox. 1 hora. 30 minutos con 70 g de cáscara de cacao por carga para un promedio de 30 g de biocarbón. (Alderete, 2019).

El biochar puede detener elementos metálicos y contaminantes. Por ejemplo, un biochar de desechos orgánicos puede retener específicamente cadmio, mientras que otro biochar puede retener otros metales pesados de las cáscaras de las semillas. Esto se debe a su alta superficie específica (Liu et al. 2021). Se obtienen resultados similares usando biochar como absorbente para arroz donde el suelo está contaminado con metales pesados. También se ha informado que el biochar ayuda a absorber compuestos orgánicos como herbicidas, insecticidas y enzimas (Pradhan et al. 2022). Los compuestos hidrofóbicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y los bifenilos policlorados en suelos y sedimentos ayudan a prevenir los efectos adversos a corto y largo plazo (Zheng et al. 2018).

Hay varios desarrollos de pirólisis utilizados en la industria para producir biochar, pero hay muchos, por lo que a continuación se describen los principales. 1 los picos de temperatura son relativamente bajos. Pirólisis instantáneo: este proceso necesita del uso de grandes cantidades de compuestos volátiles condensados que cambian el rendimiento y los efectos deseados del biochar. Gasificación: Este proceso requiere que el calor formado por la combustión de los gases combustibles, principalmente H<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, sea suministrado al propio sistema de producción de biochar. Este proceso requiere el uso de la tecnología de gasificación TLUD. Carbonatación: Este proceso se enfoca en mejorar el carbono que tiene el carbón vegetal en la pirólisis. La carbonización se considera pirólisis lenta y puede operar a 400-500°C (Escalante, 2018).

La fertilidad del suelo se refiere a su habilidad para impulsar el crecimiento de las plantas y producir los nutrientes que necesita. Hay tres factores básicos que determinan la fertilidad: físicos, químicos y biológicos (Oladele, 2019). Todos son igualmente importantes para alcanzar el nivel deseado. El manejo adecuado de las

técnicas de fertilidad del suelo es uno de los principales objetivos de todo agricultor para que los cultivos crezcan adecuadamente y los rendimientos y las ganancias no disminuyan (Bashir et al. 2018). Aunque pueda parecer dónde pisamos o dónde están las plantas, la tierra fértil en realidad tiene la capacidad de proporcionar a las plantas que viven en ella el agua y los nutrientes que necesitan (Oladele, 2019). La fertilidad del suelo es una consideración importante para cualquiera que trabaje en los campos (Abad, 2022).

Los micronutrientes son uno de los nutrientes importantes requeridos en cantidades diminutas como parte de varios sistemas de enzimas vegetales (Sánchez et al., 2018). Importantes para las plantas son el boro (B), el hierro (Fe), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el zinc (Zn) y el molibdeno (Mo) (Alderete, 2019).

Los macronutrientes son elementos que se requieren en alto contenido para afirmar la persistencia y crecimiento de las plantas (Syahminar et al. 2019). Es importante señalar que la mera presencia de las cantidades necesarias de nutrientes en el suelo no garantiza una adecuada nutrición de las plantas. Su desarrollo incluye dos grupos: elementos primarios (N, P, K) y elementos secundarios (Ca, Mg, S) (Hamid et al. 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de Investigación:** es aplicada, Según (Sampieri, 2010), los tipos de investigación aplicada son la solución o mejora de situaciones concretas o específicas y la validación de métodos o modelos mediante la aplicación innovadora y creativa de las propuestas a los resultados de la investigación. La investigación acoge un enfoque cuantitativo ya que se compilan y estudian datos cuantitativos sobre variables y analiza propiedades y fenómenos cuantitativos (Lozada, 2014). Además, los objetivos de la investigación solo se logran a través del análisis de datos numéricos.

**Diseño de Investigación:** el diseño de investigación es cuasiexperimental, ya que es un tipo de investigación que se caracteriza porque los temas de investigación son descubiertos o determinados de antemano en lugar de ser seleccionados al azar. Además, también se caracteriza por ser descriptiva, consistente en observar el comportamiento individual y diversas variables sociales y obtener datos cuantitativos (Lozada, 2014), en la investigación se busca mejorar la calidad del suelo de cultivo de arroz mediante la aplicación de biochar, para ello se verificará el suelo antes y después de la aplicación para la determinación de la correlación de la eficiencia.

#### 3.2. Variables y Operacionalización

**Variable Independiente:** Biochar.

**Variable Dependiente:** Fertilidad del suelo.

Matriz de operacionalización véase en el anexo 1.

#### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** La población estuvo constituida por todos los suelos de cultivos de arroz. En este caso, terrenos con propiedades que se extraen para regenerar el suelo y demostrar la acción del biochar como fertilizante natural amigable con la atmósfera, el medio ambiente y la agricultura.

**Muestra:** Estuvo constituida por 18 kg de suelo distribuida en 9 masetas con 2kg de suelo cada una, por 3 tratamientos. T0: Testigo (sin tratamiento), T1: Biochar de residuos orgánicos y T3: Biochar de cáscara de cacao, que contarán con 3 repeticiones cada uno.

**Muestreo:** Para la adquisición de la muestra se empleó un muestreo no probabilístico, siendo este muestreo según criterio. Para ello se utilizó 9 masetas que contenían 2 kg de tierra en donde antes hubo cultivos de arroz, donde se evaluó las características fisicoquímicas antes y después de la aplicación de biochar.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos fueron las siguientes.

- **Observación:** Los investigadores procesan datos en condiciones relativamente controladas, especialmente porque los investigadores pueden manipular variables. Es una gran tecnología de investigación científica. Se puede usar una hoja de recopilación de datos o un mapa como medio (Tamayo y Silva, 2018).
- **Análisis documental:** Los datos se recopilan de fuentes secundarias. Libros, artículos, revistas, cuadernillos y periódicos se usan como fuentes de información para recopilar datos sobre variables de interés (Lozada, 2014).
- **Elaboración de Biochar:** Se adquirió los insumos y materiales para la elaboración de biochar, el cual fue aplicado en suelo pobre para determinar su eficiencia como proveedor de nutrientes.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

- **Guía de elaboración de biochar:** Base para la adquisición de los insumos y materiales para la elaboración de biochar, el cual fue aplicado en suelo de cultivo de arroz determinando la eficiencia como proveedor de nutrientes (Cortés y Maira, 2012).
- **Guía de toma de muestras de suelo:** Nos permitió realizar la toma de muestras según normativa, especifica los tipos de muestreo, criterios y medidas de muestreo, manejo de muestras, entre otros (Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM).
- **Ficha de recolección de datos:** Fueron los instrumentos donde se registraron por escrito información importante en el desarrollo del proyecto (Lozada, 2014).

### **3.5. Procedimiento**

En el desarrollo de la investigación estuvo constituida por 2 etapas principales según como se muestran en los siguientes párrafos:

### ETAPA 1: GABINETE INICIAL

- Se extrajo toda la información idónea para la construcción de la asistencia de la investigación, en base a los documentos como artículos científicos, tesis y revistas de fuentes confiables.
- Además, se tuvo pequeñas reuniones en base a consultas a profesionales ligados al tema de investigación como un alcance al desarrollo de la etapa de campo.
- Los análisis del suelo determinaron las concentraciones iniciales de nutrientes a mejorar de los suelos de cultivos de arroz.

### ETAPA 2: TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

- Se realizó la identificación del lugar de estudio; seguidamente la toma de coordenadas del área de influencia para la elaboración del mapa de ubicación (Figura 1); posteriormente se obtuvo los residuos orgánicos y cáscara de cacao para la elaboración del biochar (Figuras 2 y 3).

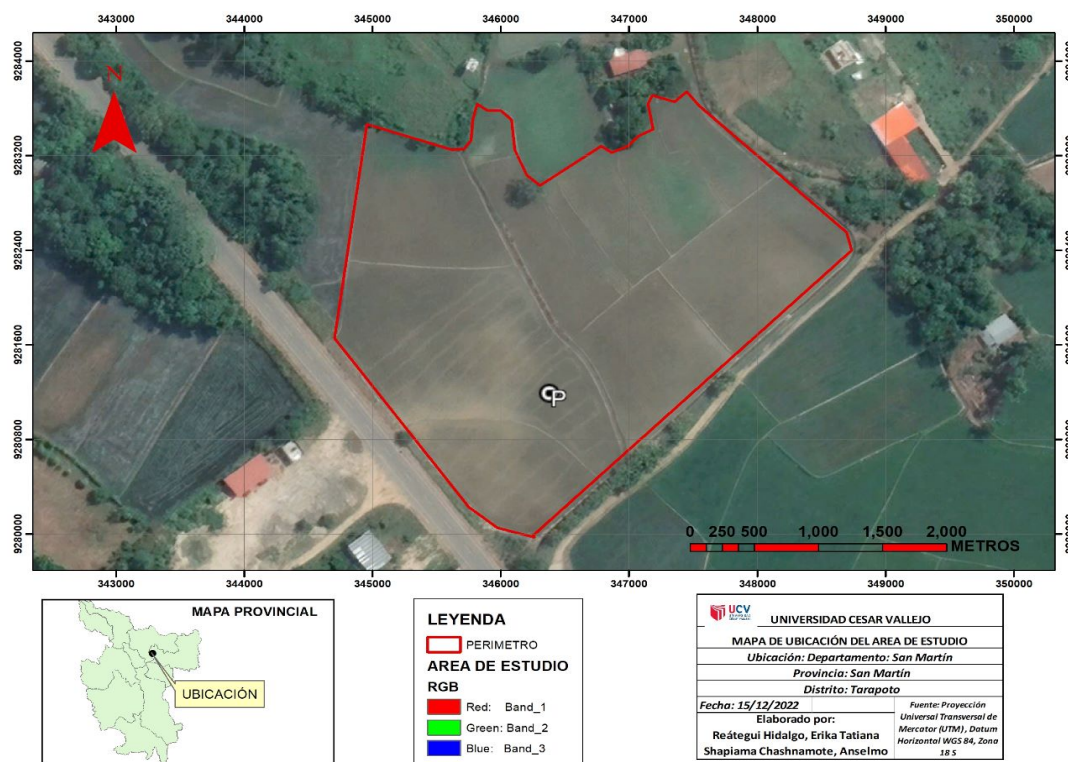


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio

**ELABORACIÓN  
DE BIOCHAR DE  
CÁSCARA DE  
CACAO**

**Fase 1: Obtención  
de la cáscara de  
cacao**



Se utilizaron cáscara de cacao por su alto contenido de lignina, lo que hizo aptas para la extracción de biochar, y por ser un residuo vegetal fácil de cosechar usando 20 kg.

**Fase 2: Secado de  
la cáscara de cacao**

La cáscara de cacao fresca se secó a una temperatura ambiente por un periodo de 15 días facilitando pérdida de agua, obteniendo 7 kg como seco.

**Fase 3:  
Producción del  
biochar**



Las cáscaras de cacao secas se colocan en un recipiente metálico de 70 cm de largo y 40 cm de ancho con tapa metálica y un peso de 7 kg. Una vez que el recipiente de aluminio estuvo lleno y sellado, se colocó en un tanque grande, de 120 cm de alto y 50 cm de ancho, en el que se colocó leña y se alimentaba a través de una abertura en el fondo.

**Fase 4: Pirolisis  
Convencional**

El proceso de temperatura intermedia tuvo un lugar entre 350 °C y 450 °C y produce metano e hidrocarburos superiores. El biochar de carbono se obtuvo a temperaturas de 300°C y 400°C.

**Fase 5: Trituración  
y pesado de biochar  
de cascara de cacao**

Se trituró cada pedazo de biochar, para después ser pesado, obteniendo como total 2.5 kg.



Figura 2: Elaboración del biochar de cáscara de cacao

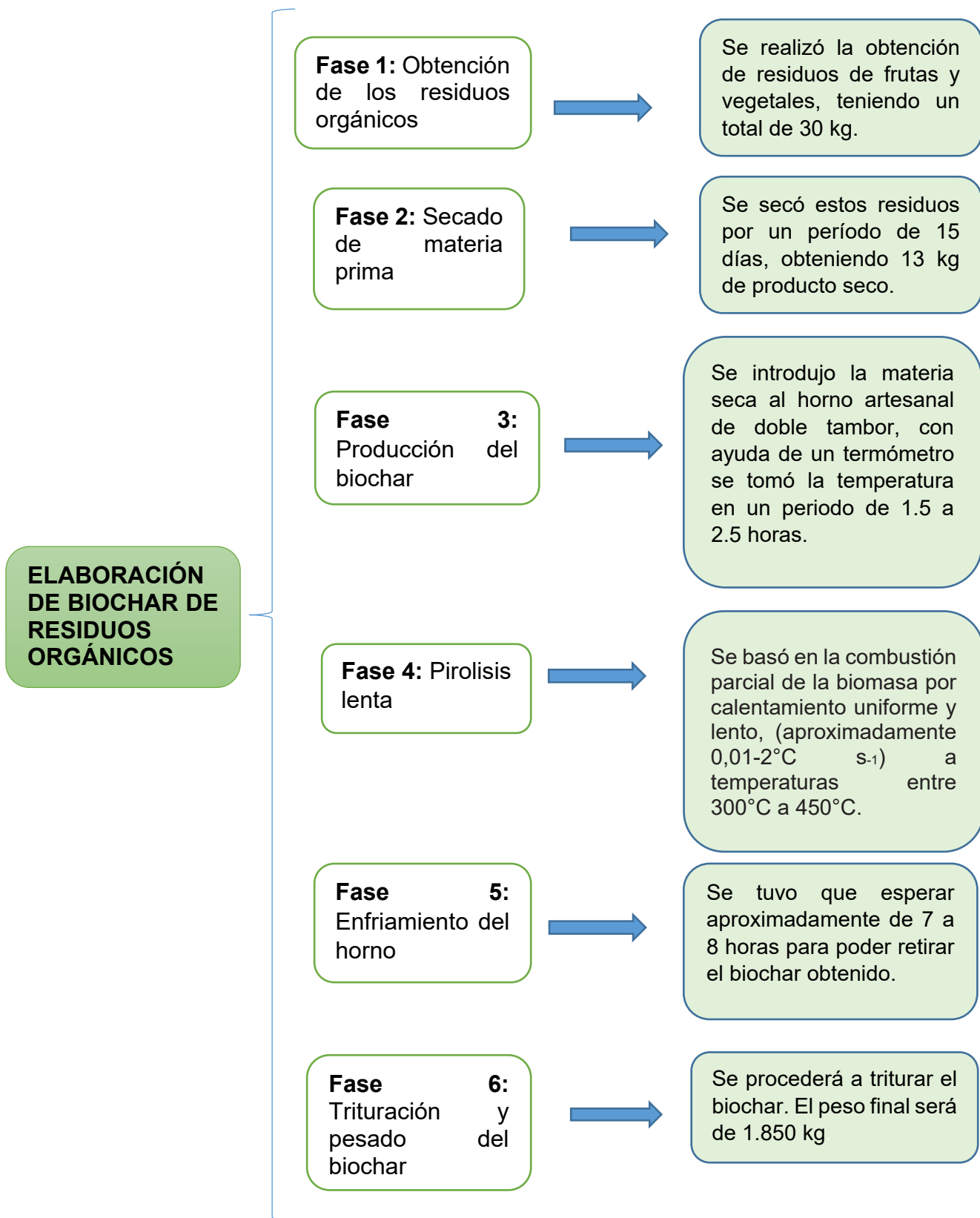


Figura 3: Elaboración del biochar de residuos orgánicos

- Luego se recolectó las muestras de suelo que fueron aplicadas las dosis de biochar demostradas en la tabla 1. Dosis que fueron avaladas por el

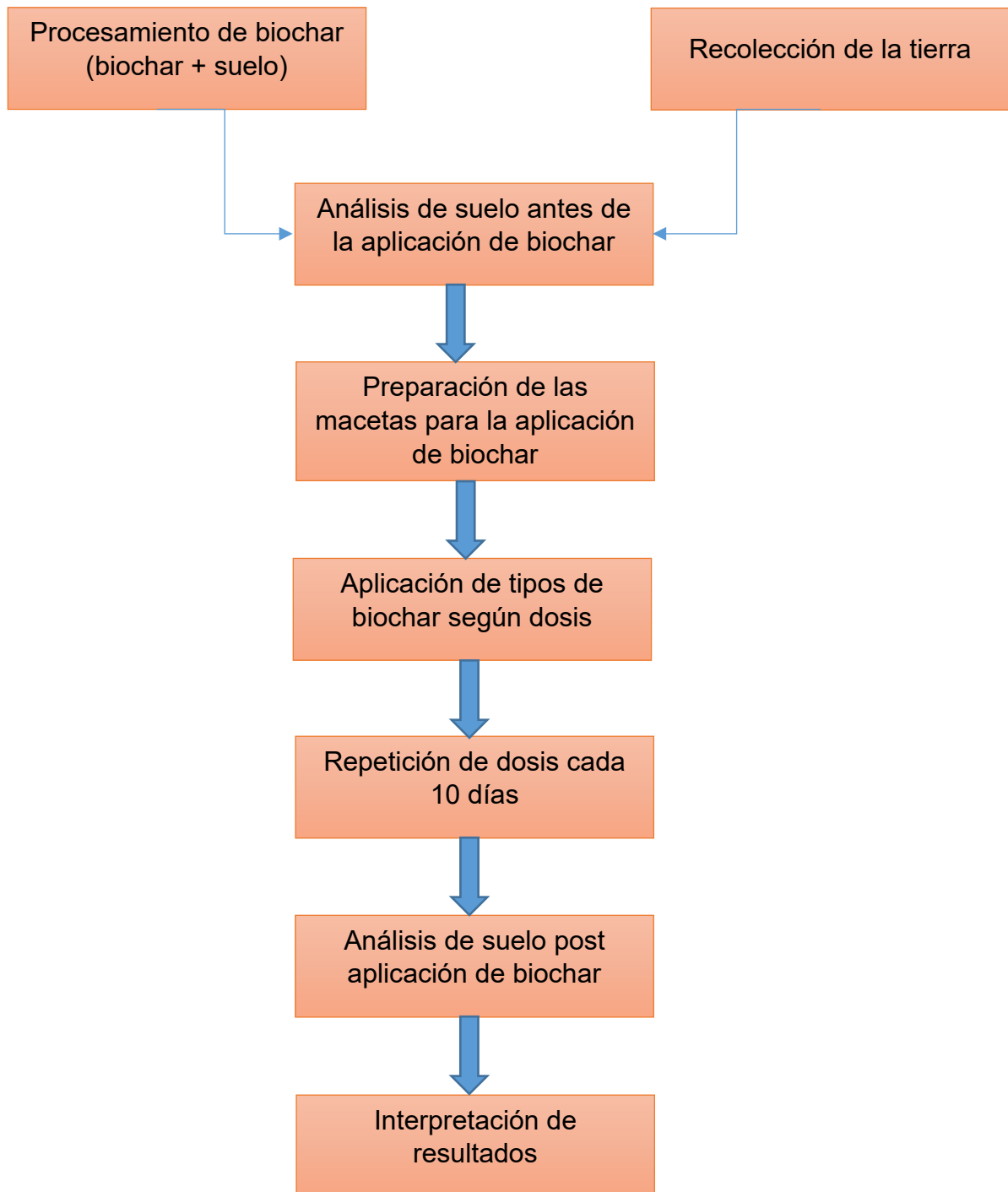
trabajo de investigación de García y Pérez, (2019), en aplicación de biochar de residuos orgánicos.

*Tabla 1: Descripción de los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Dosis</b>
T1: Sin biochar	R1	1 kg de suelo + 0 % (0 gr) de biochar
	R2	1 kg de suelo + 0 % (0 gr) de biochar
	R3	1 kg de suelo + 0 % (0 gr) de biochar
T2: Biochar con residuos orgánicos	R1	1 kg de suelo + 20 % (200 gr) de biochar de residuos orgánicos
	R2	1 kg de suelo + 20 % (200 gr) de biochar de residuos orgánicos
	R3	1 kg de suelo + 20 % (200 gr) de biochar de residuos orgánicos
T3: Biochar con Cáscara de cacao	R1	1 kg de suelo + 25 % (250 gr) de biochar de cáscara de cacao
	R2	1 kg de suelo + 25 % (250 gr) de biochar de cáscara de cacao
	R3	1 kg de suelo + 25 % (250 gr) de biochar de cáscara de cacao

- Después de los tratamientos se recolectaron las muestras para los análisis correspondientes donde se determinó el mejoramiento del suelo de cultivo de arroz.
- Se efectuó comparaciones de la variación de las concentraciones de nutrientes por las diferentes dosis aplicadas de biochar (Figura 4).





*Figura 4: Diagrama de flujo de aplicación de biochar*

- Se realizó las pruebas estadísticas mencionadas en el desarrollo de la investigación.
- Se elaboraron las tablas y figuras de los datos adquiridos en el laboratorio.
- Se perpetró la interpretación de resultados.
- Posteriormente se presentó el informe final.
- Luego se subsanaron las observaciones dadas por el asesor.

- Al final se realizó la sustentación de la tesis de investigación.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el método de análisis de datos, usamos el programa SPSS-25 y Excel, donde se procesaron los datos recolectados de la parte experimental correspondiente a 9 unidades experimentales y los resultados de laboratorio de los tratamientos de Biochar de residuos orgánicos y Biochar de cáscara de cacao. El análisis estadístico se aplicó el ANOVA, donde se determinó si la presencia de las diferencias significativas y así tener como resultado que dosis fue eficiente para mejorar la fertilidad del suelo de los cultivos de arroz en el distrito de Tarapoto.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este estudio respeta la autoría de las fuentes discutidas en todos los capítulos de la investigación, los lineamientos normativos de la ISO 690 vigentes a nivel internacional, y además cumple con los principios éticos establecidos en la Resolución N°110-2022-VI-UCV de la Universidad César Vallejo.

#### IV. RESULTADOS

Después de las evaluaciones realizadas planteadas en la investigación se lograron determinar los siguientes resultados:

##### 4.1. Características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que serán aplicados en el mejoramiento de la fertilidad del suelo de cultivos de arroz.

La caracterización fisicoquímica del biochar de cáscara de cacao producida en un horno a una temperatura de 450 °C fueron: el pH es de 7.79, que al cotejar con las normas internacionales como la N-T Colombiana 5167-2011 el pH es de 4 – 9, N. T. de Chile 2880 es de 5 – 7.5 y OMS es de 6 – 9. La CE fue de 4.25 ds/m; La materia orgánica (MO) fue de 32.23 %; en comparación con la NT Colombiana es 15 y en la NT Chilena >45% y para la OMS de 25-50%. El nitrógeno (N) fue de 2.74 %; en comparación con la NT Colombiana es de >1%. En la NT Chilena es de >0.8% y en la OMS desde 0%-3.5%. El fósforo (P) fue de 0.18 %. El potasio (K) fue de 0.23 % en comparación con la NT colombiana y chilena es >1%. El calcio (Ca) fue de 1.12 %; en cambio con las NT colombiana y chilena es >1%. El magnesio (Mg) fue de 0.69 ppm, en cambio con las NT colombiana y chilena es >1%. El hierro (Fe) fue de 3002.36 ppm. El zinc (Zn) fue de 81.32 ppm en comparación con la NT Chilena max. 200. El manganeso (Mn) fue de 254.25 ppm. (Tabla 2)

Tabla 2: Caracterización físicas y químicas del biochar de cáscara de cacao

Parámetros medidos	Unidad	Concentración	Norma técnica colombiana 5167 - 2011	Norma técnica de Chile 2880	OMS
pH	---	7.79	4 -9	5 - 7.5	6 - 9
Conductividad eléctrica (CE)	mS/m	4.25	---	---	---
Materia orgánica (MO)	%	32.23	15	>45	25 - 50
Nitrógeno	%	2.74	>1	>0.8	0 – 3.5
Fósforo (P)	%	0.18	---	---	---
Potasio (K)	%	0.23	>1	>1	---
Calcio (Ca)	%	1.12	>1	>1	---
Magnesio (Mg)	%	0.69	>1	>1	---

Fierro (Fe)	ppm	3002.36	---	---	---
Zinc (Zn)	ppm	81.32	---	Max. 200	---
Manganeso (Mn)	ppm	254.25	---	---	---

La caracterización fisicoquímica del biochar de residuos orgánicos producida en un horno a una temperatura de 450 °C fueron: el pH es de 7.3, que al comparar con las normas internacionales como la N. T. de Colombia 5167-2011 el pH es de 4 – 9, N. T de Chile 2880 es de 5 – 7.5 y OMS es de 6 – 9. La conductividad eléctrica (C.E) fue de 9.39 ds/m; La materia orgánica (MO) fue de 28.23 %; en comparación con la NT Colombiana es 15 y en la NT Chilena >45% y para la OMS de 25-50%. El nitrógeno (N) fue de 3.12 %; en comparación con la NT Colombiana es de >1%. En la NT Chilena es de >0.8% y en la OMS desde 0%-3.5%. El fósforo (P) fue de 0.23 %. El potasio (K) fue de 0,096 % en comparación con la NT colombiana y chilena es >1%. El calcio (Ca) fue de 0.91 %; en cambio con las NT colombiana y chilena es >1%. El magnesio (Mg) fue de 0.36 ppm, en cambio con las NT colombiana y chilena es >1%. El fierro (Fe) fue de 2785.12 ppm. El zinc (Zn) fue de 63.23 ppm en comparación con la NT Chilena max. 200. El manganeso (Mn) fue de 325.12 ppm. (Tabla 3)

*Tabla 3: Características físicas y químicas del biochar de residuos orgánicos*

<b>Parámetros medidos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Concentración</b>	<b>Norma técnica colombiana 5167 - 2011</b>	<b>Norma técnica de Chile 2880</b>	<b>OMS</b>
	---	7.3	4 -9	5 - 7.5	6 - 9
Conductividad eléctrica (CE)	mS/m	9.39	---	---	---
Materia orgánica (MO)	%	28.23	15	>45	25 - 50
Nitrógeno total	%	3.12	>1	>0.8	0 – 3.5
Fósforo (P)	%	0.23	---	---	---
Potasio (K)	%	0.096	>1	>1	---
Calcio (Ca)	%	0.91	>1	>1	---

Magnesio (Mg)	%	0.36	>1	>1	---
Fierro (Fe)	ppm	2785.12	---	---	---
Zinc (Zn)	ppm	63.23	---	Max. 200	---
Manganeso (Mn)	ppm	325.12	---	---	---

#### 4.2. Dosis de aplicación de los dos tipos de biochar para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo

Las dosis utilizadas en los tratamientos estuvieron en base a 0 gr, 200 gr de biochar de residuos orgánicos y 250 gr de biochar de cáscara de cacao en 1 kg de suelo (tabla 4, figura 5).

Tabla 4: Dosis aplicadas de los biochar a los tratamientos en masetas

Tratamientos	Dosis de biochar (gr) de cáscara de cacao	Dosis de biochar (gr) de residuos orgánicos	Suelo (Kg)
T1	0	0	1
T2	250	200	1
T3	250	200	1
Total	500	400	3

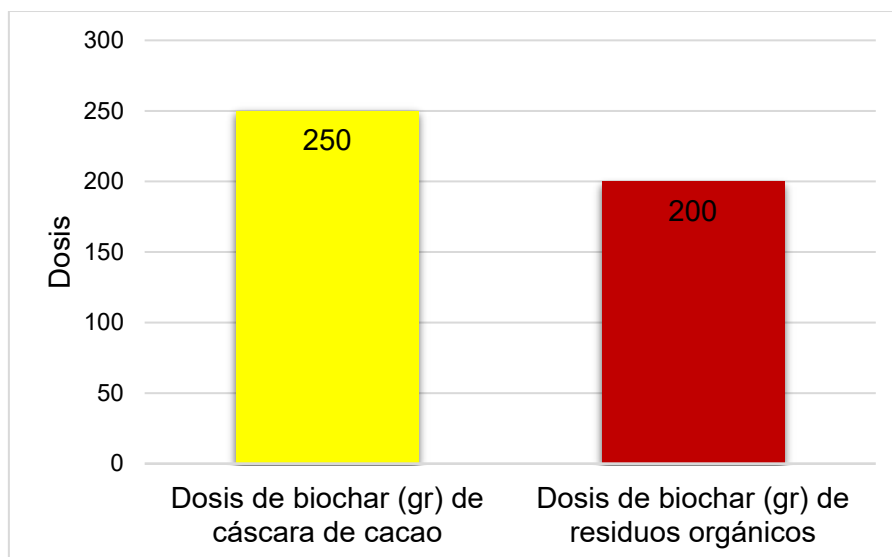


Figura 5: relación de dosis del biochar aplicado

#### 4.3. Condiciones del suelo extraído del distrito de Tarapoto, San Martín mediante la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Las parcelas utilizadas como muestras para obtener los sitios de muestreo se trazaron mediante una técnica de muestreo en zigzag que consiste en un camino en zigzag donde se tomaron muestras individuales (submuestras) en cinco puntos (Fig. 6). Se mezcló con muestras de puntos consecutivos que se extrajeron a una profundidad uniforme de 30 cm de ancho y 20 cm de profundidad para formar una muestra compuesta tomada para el análisis correspondiente en el laboratorio de la Universidad Nacional San Martín.

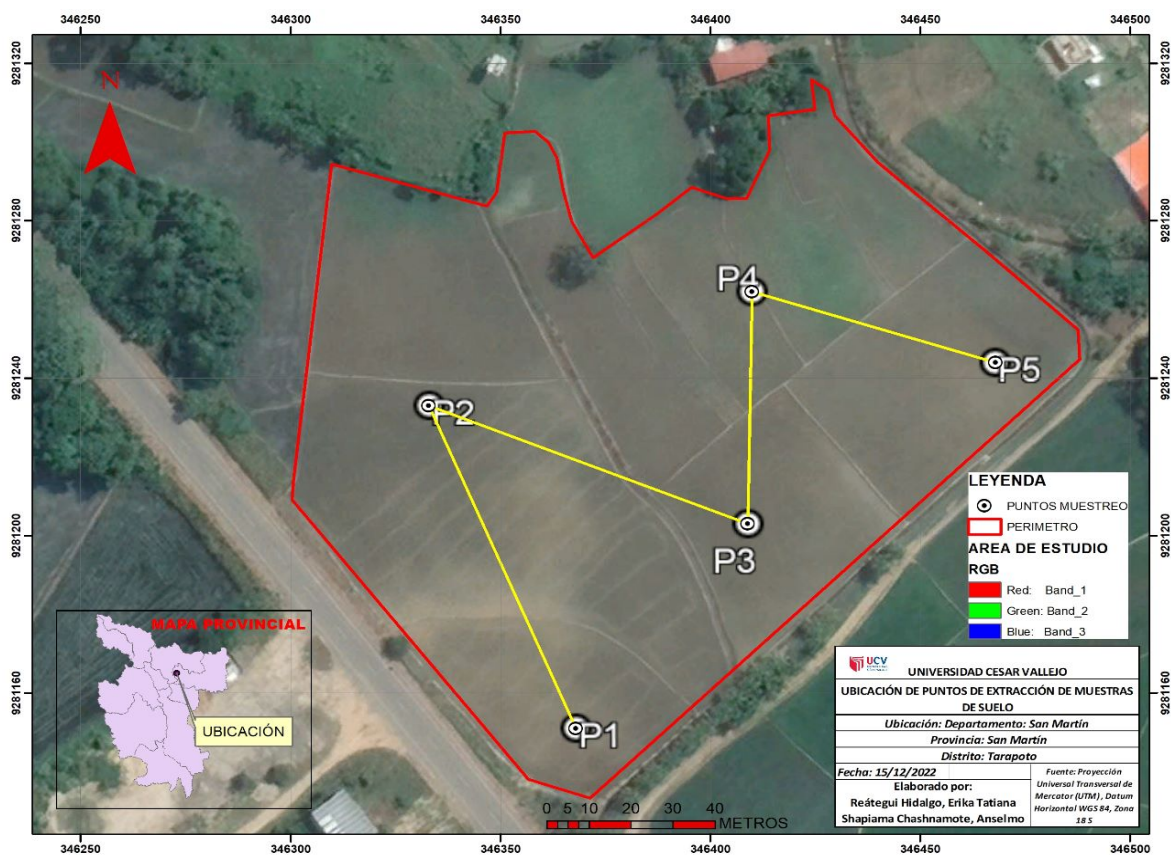


Figura 6: Puntos de muestreo de las condiciones iniciales de los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.

Las propiedades físicas iniciales del suelo de cultivo de arroz, en el distrito de Tarapoto. La textura del suelo en cuanto al porcentaje de arena es 48.56%, arcilla es 33.25% y limo con 18.19%; mostrando que el suelo tenía una clase textural de franco arcillo arenoso; la porosidad del suelo es de 2.22 g/cm<sup>3</sup>; el porcentaje de

humedad es 42%, color del suelo gris oscuro, temperatura de 32.2 °C, densidad del suelo de 1.32 t/m<sup>3</sup> y conductividad eléctrica (C.E) de 96.9 µS/cm. (Tabla 5)

*Tabla 5: Propiedades físicas del suelo de cultivo de arroz*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Concentración</b>
	Arena %	48.56
Textura	Arcilla %	33.25
	Limo %	18.19
Clase textural	---	Franco arcilloso arenoso
Porosidad	g/cm <sup>3</sup>	2.22
Humedad	%	42
Color	---	Gris oscuro
Temperatura	°C	32
Densidad	t/m <sup>3</sup>	1.32
C.E	µS/cm	96.9

Las propiedades químicas iniciales del suelo de cultivos de arroz en el distrito de Tarapoto mediante los análisis en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín fueron 0.1% de nitrógeno (N), 6.12 ppm de fósforo (P), 112.23ppm de potasio (K), 5.24ppm de calcio (Ca), 0.53Meq/100g de magnesio (Mg), 0.3Meq/100g de sodio (Na), 7.4 de capacidad de intercambio catiónico (CIC), 2.15% materia orgánica (MO) y 5.15 de pH. Dado que los valores obtenidos de los análisis de la caracterización química se encuentran en una escala de bajo y muy bajo, además el pH es fuertemente ácido, indicando que el suelo se encuentra bajo en fertilidad por el uso excesivo de los agroquímicos que son usados en las campañas de producción de arroz. (Tabla 6).

*Tabla 6: Propiedades químicas del suelo de cultivos de arroz*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Concentración</b>
Nitrógeno	%	0.1
Fósforo	Ppm	6.12
Potasio	Ppm	112.23

Calcio	Meq/100g	5.24
Magnesio	Meq/100g	0.53
Sodio	Meq/100g	0.3
CIC	---	7.4
MO	%	2.15
pH	---	5.15

A continuación, se determinaron las propiedades biológicas del suelo de la parcela de cultivo de arroz, incluyendo aquellas que se identificaron a simple vista como hormigas, lombrices, mariquitas, arañas y grillos. Consideradas principalmente como plagas que afectan el desarrollo de la planta de arroz y la posterior producción del grano de arroz. Además, el arroz, como cualquier cultivo, también se ve afectado por insectos plaga que reducen considerablemente el rendimiento y la productividad en el momento de la cosecha. Estas plagas se manifiestan en diferentes formas, tamaños y daños que se presentan desde el suelo hasta casi el final de la cosecha. (Tabla 7)

*Tabla 7: Propiedades biológicas del suelo de cultivo de arroz*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Especie</b>
<b>Diversidad de especies</b>	Unidad	Hormigas
	Unidad	Lombrices
	Unidad	Mariquitas
	Unidad	Arañas
	Unidad	Grillos

#### **4.4. Características físicas, químicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar**

Finalizando los tratamientos con la aplicación del biochar (200 gr de biochar de residuos orgánicos y 250 gr de cáscara de cacao) en macetas con suelos de cultivos de arroz por un tiempo determinado de 20 días, posteriormente se extrajeron las muestras del suelo tratado que fueron enviadas al laboratorio obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 8.



Tabla 8: Textura del suelo fertilizado con biochar

Tratamiento	Textura			Clase textural
	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	
T1	47.58	33	17.5	F Arci Are
	48.12	32.1	15.3	F Arci Are
	49.34	35.7	21.1	F Arci Are
<b>Promedio</b>	<b>48.35</b>	<b>33.60</b>	<b>17.97</b>	<b>***</b>
T2	42.92	38.5	23.2	F Arcilloso
	43.21	37.8	22.8	F Arcilloso
	43.34	37.8	21.9	F Arcilloso
<b>Promedio</b>	<b>43.16</b>	<b>38.03</b>	<b>22.63</b>	<b>***</b>
T3	38.45	45.8	16.7	F Arcilloso
	37.65	48.7	19.1	F Arcilloso
	38.18	47.9	19.8	F Arcilloso
<b>Promedio</b>	<b>38.09</b>	<b>47.47</b>	<b>18.53</b>	<b>***</b>

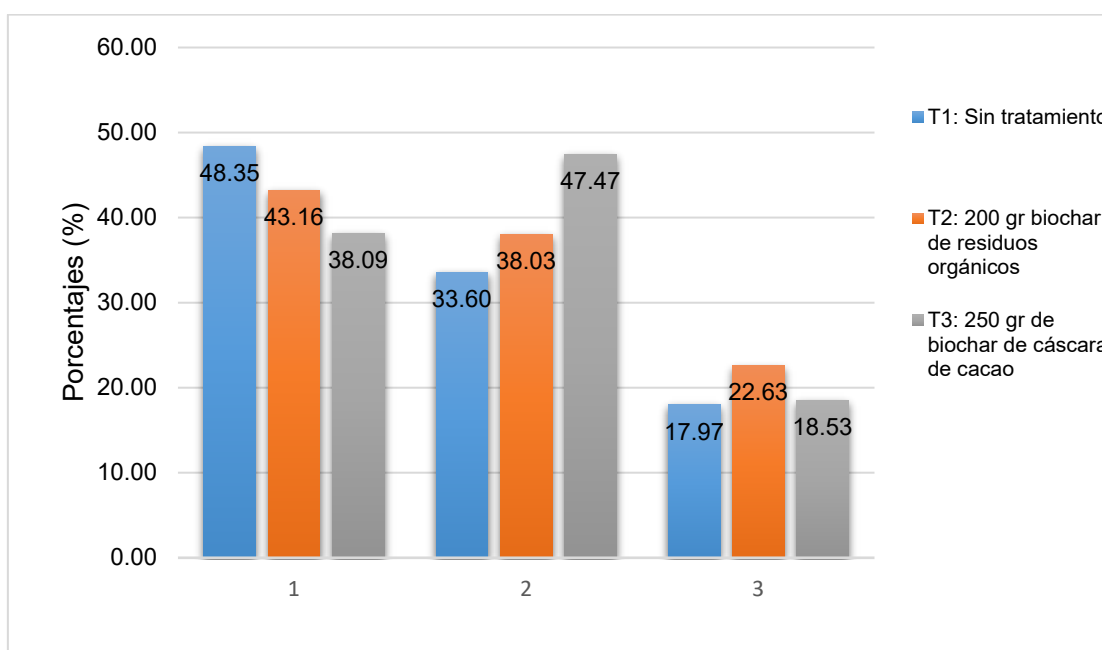


Figura 7: Textura del suelo tratado con biochar

De acuerdo a la figura 7 se demostró que en el tratamiento T1: Sin biochar, en base a un promedio de la textura del suelo se encontró que: 48.35% arena, 33.60% arcilla, 17.97% limo y dando como clase textural franco arenoso arcilloso T2: con 200 gr de biochar de residuos orgánico: 43.16% arena, 38.03% arcilla, 22.63% limo y logrando determinar una clase textural de franco arcilloso y en términos de T3: con

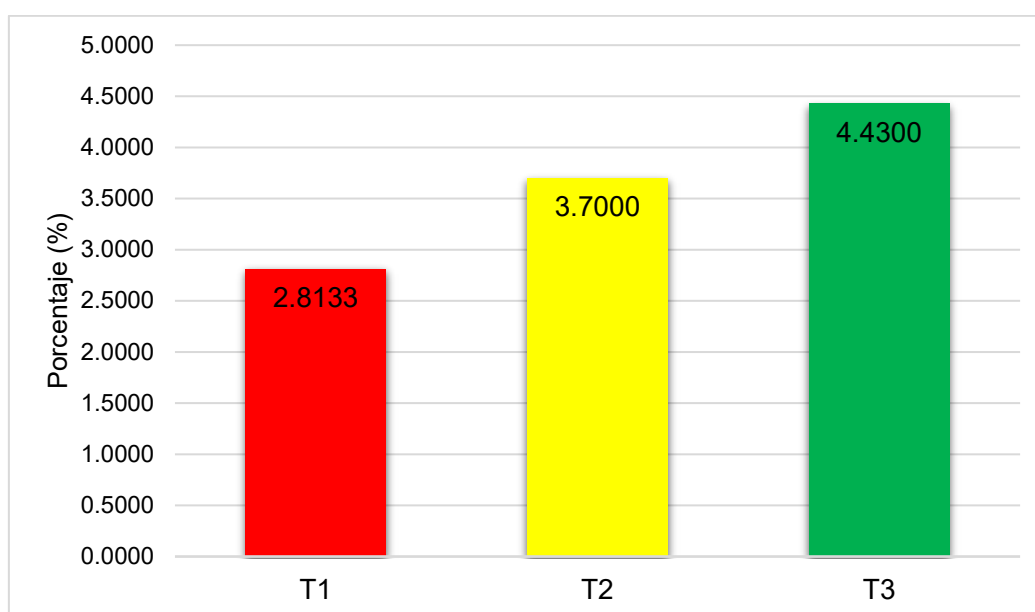
250 gr de biochar de cáscara de cacao se logró obtener 38.09 % arena, 47.47% arcilla, 18.53% limo y una clase textual de franco arcilloso. Demostrando que el suelo tratado con biochar de cáscara de cacao a 250 gr/kg de suelo fue mejor que el testigo, incluso con el tratamiento a 200 gr/kg de biochar de residuos orgánico.

Seguidamente se realizaron los procedimientos de los análisis de varianza y medias con pruebas de Tukey.

*Tabla 9: Análisis de varianza de materia orgánica del suelo tratado*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Valor	Pr > F
Tratamientos	3	0.0250	0.0082	1	0.5512
Error	6	0.07577778	0.00911022		
Suma total	9	0.10077778			

En la tabla 9 según el análisis de varianza realizado en ANOVA, donde se determinó la cantidad de materia orgánica de los suelos tratados de cultivos de arroz, durante un periodo de 20 días, posterior a la aplicación de biochar de cáscara de cacao y residuos orgánico; mostrando que si se encontró significación basada en el efecto.



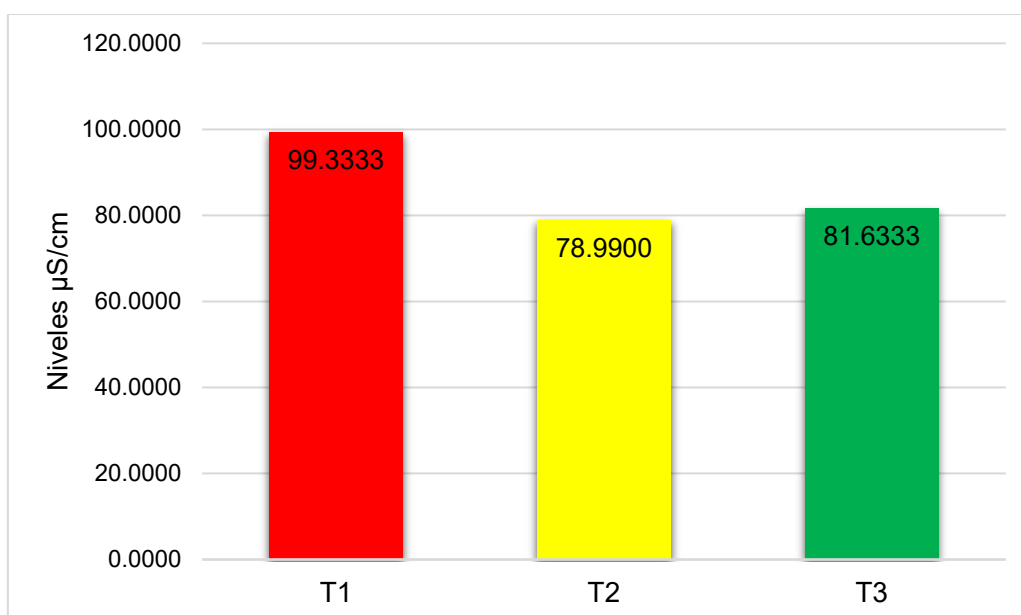
*Figura 8: Porcentaje de materia orgánica en los suelos tratados*

De acuerdo con el análisis de comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el promedio establecido de la cantidad de materia orgánica en los suelos tratados de cultivos de arroz se presentó en la figura 8. Obteniendo que el tratamiento que tuvo mayor promedio de materia orgánica fue T4= 4.4300%, encontrando una calificación alta, seguido de los tratamientos T2= 3.7000 con calificación media y T1= 2.8133 con calificación baja respectivamente, con relativamente pocas diferencias significativas.

*Tabla 10: Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del suelo tratado*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Valor	Pr > F
Tratamientos	3	114.7528667	38.2509556	1.30	0.5595
Error	6	235.3696000	29.4212000		
Suma total	9	350.1224667			

En la tabla 10, según el análisis de varianza realizado en ANOVA, donde se determinó la cantidad de conductividad eléctrica de los suelos tratados de cultivos de arroz, durante un periodo de 20 días, luego de la aplicación de biochar de cáscara de cacao y residuos orgánico; mostrando que si se encontró significación basada en el efecto.



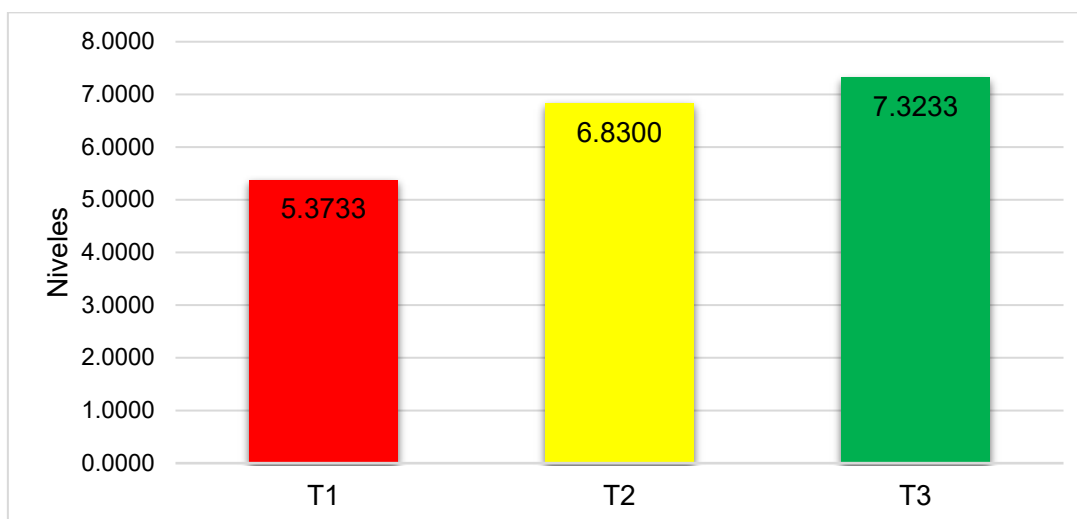
*Figura 9: Porcentaje de conductividad eléctrica en los suelos tratados*

De acuerdo con el análisis de comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el promedio establecido de la cantidad de conductividad eléctrica en los suelos tratados de cultivos de arroz se presentó en la figura 9. Obteniendo que el tratamiento que tuvo mayor promedio de conductividad eléctrica fue T1= 99.3333  $\mu\text{S/cm}$ , encontrando una calificación que no hubo problemas de sales, seguido de los tratamientos T3= 81.6333 con calificación que no hubo problemas de sales y T2= 78.9900 con calificación que no hubo problemas de sales respectivamente, con relativamente pocas diferencias significativas, demostrando que los suelos mojaron relativamente en cuanto a la presencia de sales.

*Tabla 11: Análisis de varianza del pH del suelo tratado*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Valor	Pr > F
Tratamientos	3	0.33000000	0.15777778	3.63	0.3322
Error	6	0.5477778	0.05583333		
SUMA TOTAL	9	0.8777778			

En la tabla 11 de acuerdo con los análisis de varianza realizado en ANOVA, donde se determinó la cantidad del pH de los suelos tratados de cultivos de arroz, por un periodo de 20 días, después de la aplicación del biochar de cáscara de cacao y residuos orgánicos; mostrando que si se encontró significancia en base al efecto.



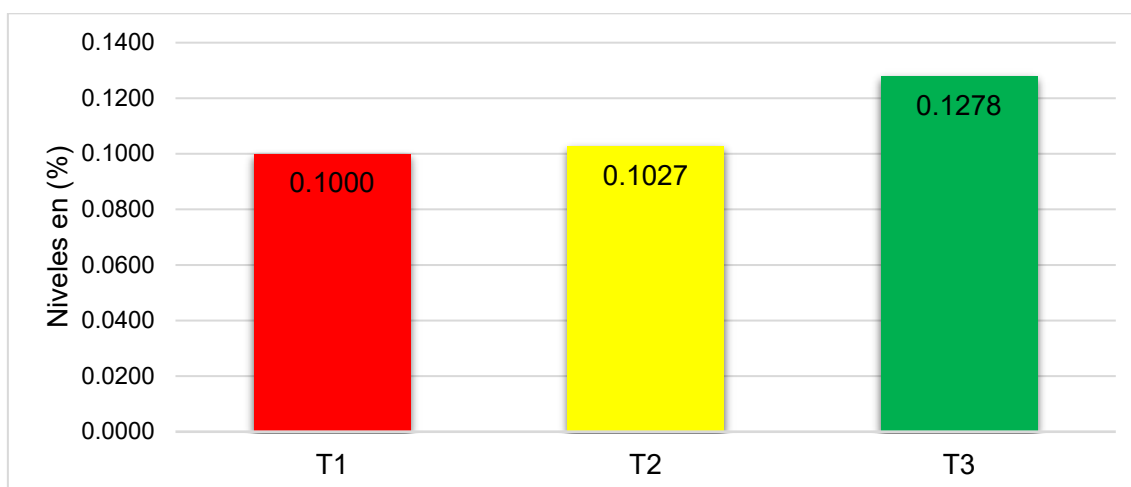
*Figura 10: Porcentaje del pH en los suelos tratados*

De acuerdo con el análisis de comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el promedio establecido de la cantidad del pH en los suelos tratados de cultivos de arroz se presentó en la figura 10. Obteniendo que el tratamiento que tuvo mayor promedio de pH fue T3= 7.2333 con biochar de cáscara de cacao, encontrando una calificación neutro, seguido de los tratamientos T2= 6.8300 con biochar de residuos orgánicos, con calificación neutro y T1= 5.3733 sin tratamiento con calificación moderadamente ácido respectivamente, con alta relevancia significativas, demostrando que los suelos mojaron relativamente en cuanto a al pH del suelo tratados con el biochar, siendo mejor el tratamiento con biochar de cáscara de cacao con dosis de 250 gr/kg de suelo en comparación con el testigo que tuvo un pH moderadamente ácido.

*Tabla 12: Análisis de varianza del nitrógeno del suelo tratado*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Valor	Pr > F
Tratamientos	3	162.3871556	56.2551778	32.28	<.0001
Error	6	15.6163111	2.60487111		
SUMA TOTAL	9	178.0034667			

En la tabla 12 de acuerdo con los análisis de varianza realizado en ANOVA, donde se determinó la cantidad del nitrógeno de los suelos tratados de cultivos de arroz, por un periodo de 20 días, después de la aplicación del biochar de cáscara de cacao y residuos orgánicos; mostrando que si se encontró significancia en base al efecto.



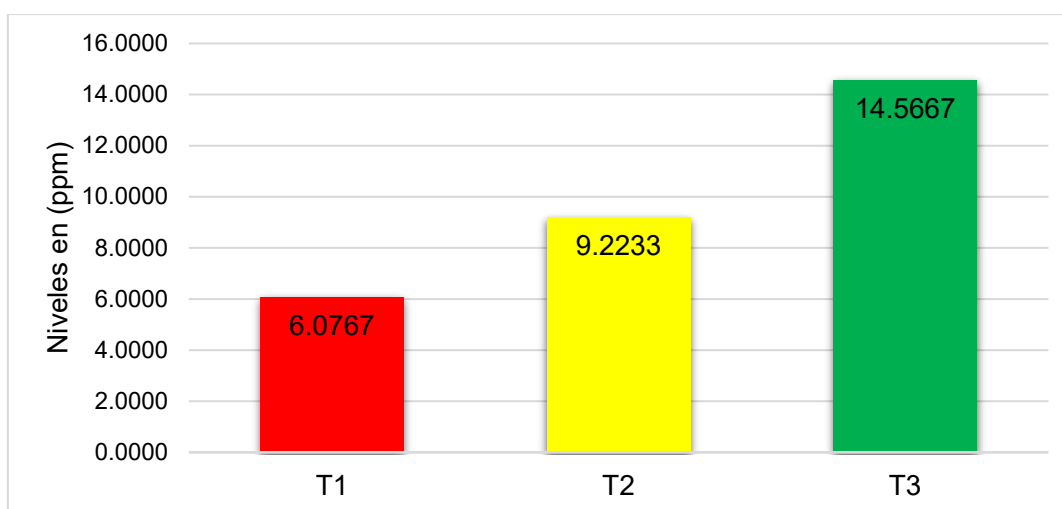
*Figura 11: Porcentaje del nitrógeno en los suelos tratados*

De acuerdo con el análisis de comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el promedio establecido de la cantidad de nitrógeno en los suelos tratados de cultivos de arroz se presentó en la figura 11. Obteniendo que el tratamiento que tuvo mayor promedio de nitrógeno fue T3= 0.1278 % con biochar de cáscara de cacao, encontrando una calificación normal, seguido de los tratamientos T2= 0.1027 % con biochar de residuos orgánicos, con calificación normal y T1= 0.1000 % sin tratamiento con calificación bajo respectivamente, demostrando que los suelos mejoraron relativamente en cuanto a al nitrógeno del suelo tratados con el biochar, siendo mejor el tratamiento con biochar de cáscara de cacao con dosis de 250 gr/kg de suelo en comparación con el testigo que tuvo al nitrógeno bajo.

*Tabla 13: Análisis de varianza del fósforo del suelo tratado*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Valor	Pr > F
Tratamientos	3	28.47965556	8.579655569	11.75	0.0030
Error	6	7.14162222	0.655125596		
SUMA TOTAL	9	35.62127778			

En la tabla 13 de acuerdo con los análisis de varianza realizado en ANOVA, donde se determinó la cantidad del fósforo de los suelos tratados de cultivos de arroz, por un periodo de 20 días, después de la aplicación del biochar de cáscara de cacao y residuos orgánicos; mostrando que si se encontró significancia en base al efecto.



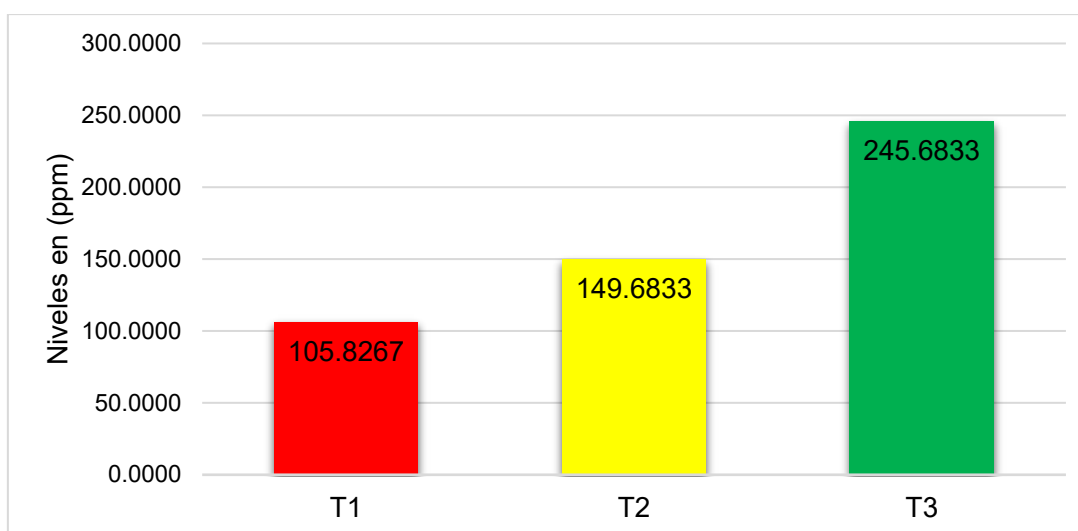
*Figura 12: Porcentaje de fósforo en los suelos tratados*

De acuerdo con el análisis de comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el promedio establecido de la cantidad de fósforo en los suelos tratados de cultivos de arroz se presentó en la figura 12. Obteniendo que el tratamiento que tuvo mayor promedio de fósforo fue T3= 14.5667 ppm con biochar de cáscara de cacao, encontrando una calificación alto, seguido de los tratamientos T2= 9.2233 ppm con biochar de residuos orgánicos, con calificación medio y T1= 6.0767 ppm sin tratamiento con calificación bajo respectivamente, demostrando que los suelos mejoraron relativamente en cuanto al fósforo del suelo tratados con el biochar, siendo mejor el tratamiento con biochar de cáscara de cacao con dosis de 250 gr/kg de suelo en comparación con el testigo que tuvo fósforo bajo.

*Tabla 14: Análisis de varianza del potasio del suelo tratado*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Valor	Pr > F
Tratamientos	3	992.222222	353.444447	6.17	0.0346
Error	6	554.22223	52.444446		
SUMA TOTAL	9	1546.444452			

En la tabla 14 de acuerdo con los análisis de varianza realizado en ANOVA, donde se determinó la cantidad del potasio de los suelos tratados de cultivos de arroz, por un periodo de 20 días, después de la aplicación del biochar de cáscara de cacao y residuos orgánicos; mostrando que si se encontró significancia en base al efecto.



*Figura 13: Porcentaje de potasio en los suelos tratados*

De acuerdo con el análisis de comparación de medias con Tukey ( $p \leq 0.05$ ), el promedio establecido de la cantidad de potasio en los suelos tratados de cultivos de arroz se presentó en la figura 13. Obteniendo que el tratamiento que tuvo mayor promedio de potasio fue T3= 245.6833 ppm con biochar de cáscara de cacao, encontrando una calificación alto, seguido de los tratamientos T2= 149.6833 ppm con biochar de residuos orgánicos, con calificación medio y T1= 105.8267 ppm sin tratamiento con calificación bajo respectivamente, demostrando que los suelos mejoraron relativamente en cuanto al potasio del suelo tratados con el biochar, siendo mejor el tratamiento con biochar de cáscara de cacao con dosis de 250 gr/kg de suelo en comparación con el testigo que tuvo al potasio bajo.



## V. DISCUSIÓN

De acuerdo al presente trabajo de investigación, las condiciones iniciales de los parámetros físicos, químicos y biológicos fueron las siguientes: la textura del suelo en cuanto al porcentaje de arena con 48.56%, arcilla con 33.25 y limo con 18.19%; la porosidad del suelo es de 2.22 g/cm<sup>3</sup>, el porcentaje de humedad es 42%, color del suelo gris oscuro, temperatura con 32.2 °C, densidad del suelo con 1.32 t/m<sup>3</sup> y conductividad eléctrica (C.E) con 96.9 µS/cm. Así mismo, los valores de nitrógeno fueron 0.1 de nitrógeno, 6.12 ppm de fósforo (P), 112.23 ppm de potasio (K), 5.24 ppm de calcio (Ca), 0.53 Meq/100g de magnesio (Mg), 0.3 Meq/100g de sodio (Na), 7.4 de capacidad de intercambio catiónico (CIC), 2.15% materia orgánica (MO) y 5.15 de pH. También las propiedades biológicas donde se encontraron a la simple vista como hormigas, lombrices, arañas y grillos. Sin embargo, al comparar en el estudio de Araujo (2021) señala que obtuvo los valores físicos iniciales del suelo donde tuvo que realizar la siembra del frijol, este tenía las siguientes características: pH: 7,650, cenizas: 26.67%, conductividad eléctrica: 0.1008 ds/m, densidad real: 2,50 g/cm<sup>3</sup> y densidad aparente de 1,001 g/cm<sup>3</sup>. Asimismo, en el estudio de Tian et al. (2018), indicó que utilizó biocarbón de paja de maíz para su posterior aplicación en suelo y mejoramiento del algodón, para ello identificaron las características fisicoquímicas del suelo antes de aplicar el biocarbón, siendo el pH: 7.67, carbono orgánico: 8.74g/kg, nitrógeno: 0.61 g/kg, nitrato: 10.68 mg/kg, nitrito: 18.09 mg/kg, fósforo: 34.70 mg/kg y potasio: 97.5 mg/kg. Además, en su investigación de Muños (2021), Estableció el efecto del biocarbón y fertilizante sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo de arroz, el desarrollo de raíces y la composición del cultivo a una profundidad de 0-20 cm en la estructura del suelo arenoso con porcentajes (arena 56,00%, arcilla 19,20% y limo 24,80%) teniendo en cuenta. que este suelo tiene una textura media gruesa, asimismo los análisis químicos con 7 g/kg nitrógeno, 38 g/kg de fósforo, 0.74 mg/kg de potasio, 12 mg/kg de azufre, 12 Meq/100g de calcio y 4.7 Meq/100g de magnesio concentraciones iniciales al tratamiento de mejoramiento del suelo que fueron semejantes a nuestra investigación. También en su investigación de Solisor (2021), estableció el efecto de Eucalyptus globulus Biochar en el

mejoramiento de la calidad del suelo y características morfológicas del rábano (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020 para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo antes del tratamiento, 58.9% arena; 22,2% arcilla y 18% limo, que también presenta un pH de 8,862; contenido de materia orgánica 1.402%, contenido de nitrógeno 0,07%, contenido de fósforo 10.714 ppm y contenido medio de potasio 229.174 ppm; Ca contiene 17,914 Meq/100g, sodio contiene 0,482 Meq/100g. El CIC fue 21,388 indicando fertilidad moderada del suelo y los datos fueron consistentes con el estudio.

Seguidamente las características fisicoquímicas del biochar de cáscara de cacao fueron las siguientes: el pH es de 7.79, C.E de 4.25 ds/m, MO con 2.23 %, nitrógeno de 2.74 %, fósforo, 0.18 %, potasio de 0.23 %, calcio: 1,12 %, magnesio de 0.69%, Fe de 3002.36 ppm, zinc de 81.32 ppm y manganeso de 254.25 ppm; las características fisicoquímicas del biochar de residuos orgánicos fueron las siguientes: el pH es de 7.3, a conductividad eléctrica (C.E) fue de 9.39 ds/m; la materia orgánica (MO) fue de 28.23 %; el fósforo (P) fue de 0.23 %. el potasio (K) fue de 0,096 %, el calcio (Ca) fue de 0.91 %; el magnesio (Mg) fue de 0.36 ppm, el fierro (Fe) fue de 2785.12 ppm. El zinc (Zn) fue de 63.23 ppm, el manganeso (Mn) fue de 325.12 ppm. Pero, sin embargo, al comparar con el estudio de Abad (2021), indicó que durante su investigación en la aplicación de biochar de bolaina blanca, realizó análisis de para determinar las características físicas y químicos, obteniendo los siguientes datos: temperatura: 26°C, pH: 7.74, CE: 93.58  $\mu$ mho/cm, humedad: 6.42%, MO: 95.67%, N: 0.42%, K: 0.02%, P:0.05%, densidad aparente: 0.42g/ml y porosidad :345,2mg/ml. Por otro lado, en el estudio de Araujo (2021), empleó un biochar a partir de cáscara de cacao, evaluando las siguientes características como: humedad de equilibrio: 13.3.8%, cenizas: 5.29%, materia orgánica: 81.33%, pH: 5.55 y conductividad eléctrica de 6.72  $\mu$ mho/cm. Además de la investigación de Gonzaga et al. (2018), señalaron que el biochar de cáscara de coco y cáscara de naranja, el cual tuvo las siguientes características: fueron producidos a una temperatura de 500 °C, cenizas: 2.48%, materia orgánica: 17.3%, contenido de carbono fijo: 84% y un pH de 5. También en su

investigación de Tomayo y Muños (2020), el biocarbón de cáscara de cacao se evaluó como enmienda del suelo para cultivos de leguminosas (*Phaseolus vulgaris*) y se determinó la identidad química y la composición elemental del biocarbón de cacao como: 13.38% de humedad, 5.29% de cenizas, 81.33% de materia orgánica, 5.55 de pH, 6.72mS de conductividad eléctrica, 1.69% de nitrógeno, 41.45% carbono, 6.15% de hidrogeno, 0.23% azufre y 45.20% de oxígeno; datos similares a las características fisicoquímicas evaluadas en la investigación del biochar de cáscara de cacao y residuos orgánicos.

Posteriormente las dosis utilizadas en los tratamientos estuvieron en base a 0 gr, 200 gr de biochar de residuos orgánicos y 250 gr de biochar de cáscara de cacao en 1 kg de suelo. En comparación con su investigación de Salar et al. (2021), elaboraron un biocarbón a partir de rastrojos de maíz para ser aplicados en cultivos de leguminosas, para ello la aplicación del biocarbón fue de  $\leq 1$ , 1–10, 10–20 y 20–30 t/ha<sup>-1</sup> aumentando la vitalidad del maíz en 6, 65, 30 y 25%, respectivamente. Asimismo, en el estudio realizado por Liu et al. (2021), emplearon biochar de paja de arroz, para ser aplicados en cultivos de arroz y obtener doble rendimiento, para ello realizó los siguientes tratamientos, con testigo con cero nitrógeno (N0); aplicación de fertilizantes químicos convencionales (NPK); NPK más 3 t de materia seca (MS) de paja de arroz incorporada por ha<sup>-1</sup> temporada<sup>-1</sup> (NPK + LS); NPK más 6 t de MS de paja de arroz incorporadas por ha<sup>-1</sup> temporada<sup>-1</sup> (NPK + HS); NPK más 24 t de MS de biocarbón derivado de paja incorporadas por hectárea (NPK + LC) aplicado una vez; y NPK más 48 t de MS de biocarbón derivado de paja incorporadas por ha<sup>-1</sup> (NPK + HC) aplicado una vez. Por otro lado, en la investigación realizada por Naggar et al. (2018) que realizó biocarbón a base de bagazo de caña de azúcar, cascara de maní, cascara de sandía, camote para mejorar la infertilidad de los suelos en área agrícolas en Thua Thien Hue provincia de Vietnam, para ello realizó un experimento de incubación. Cada biocarbón se aplicó a una muestra de suelo de 100 g a razón de 30 t/ha-1 junto con el control, al que no se añadió biocarbón. Cada tratamiento fue triplicado. Cada biocarbón se mezcló completamente con

cada muestra de suelo en un recipiente de alta densidad. Los contenidos de humedad del suelo se mantuvieron periódicamente al 70% del suelo utilizando agua destilada. Los suelos tratados con BC se incubaron a 25 °C durante 90 días. También en otra investigación realizada por Farhangi et al. (2021) señala que elaboró biocarbón a base de cultivos de cereales y leguminosas para mejorar la fertilidad de suelo, para ello aplicó dosis de  $\leq 30$  t ha<sup>-1</sup> el cual tuvo un efecto positivo en el rendimiento de grano. En comparación con el control, las tasas de aplicación de biocarbón de  $\leq 1$ , 1–10, 10–20 y 20–30 t ha<sup>-1</sup> aumentó en el rendimiento del grano en 6, 65, 30 y 25%, respectivamente. Sin embargo, las tasas de aplicación de biocarbón superiores a 30 t ha<sup>-1</sup> no produjeron un efecto significativo en el rendimiento del cultivo. La aplicación de biochar en dosis  $\leq 20$  t ha<sup>-1</sup> mejoraron el rendimiento biológico ( $P < 0.01$ ), aunque a mayor aplicación las tasas no tuvieron un efecto considerable. La aplicación de biocarbón a  $\leq 1$  t ha<sup>-1</sup> aumentó el peso en granos ( $P < 0.05$ ) y se encontraron más efectos positivos a tasas de 1–10 y 10–20 t/ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.01$ ). De manera similar a rendimiento biológico, las aplicaciones de biocarbón superiores a 20 t ha<sup>-1</sup> no tuvieron en el peso de granos.

Por lo tanto, las características físicas, químicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar, de acuerdo a 4 tratamientos, establecieron que el T3 obtuvo mejor materia orgánica con un valor de 4.4300 %, seguido de la conductividad eléctrica, donde el T1 obtuvo 99.333  $\mu$ S/cm, asimismo el T3 obtuvo un pH de 7.2333, excelente para el crecimiento y desarrollo de cultivos, de acuerdo al nitrógeno del suelo, el T3 tuvo un valor de 0.1278%, muy por encima de los demás tratamientos, en cuanto al fósforo nuevamente el T3 obtuvo el valor ideal de 14.5667 y también el potasio en el T3, consiguió un valor de 245.6833 ppm. Sin embargo, en el estudio realizado por Pradhan et al. (2022), que elaboró biocarbon a base de residuos orgánicos que luego fueron aplicados en el crecimiento de plantas de garbanzo, en donde dos tasas de aplicación de biocarbón mejoraron la calidad del suelo al aumentar la porosidad del suelo de 49.3 a  $\geq 53.4$  %, más del doble de la capacidad de intercambio catiónico

$a \geq 21,1 \text{ cmolc.kg}^{-1}$ , proporcionando una pequeña reducción en la densidad aparente de aproximadamente 10 % y disminuyendo la conductividad eléctrica del extracto en al menos un 40 % en comparación con la condición de control. La aplicación de biocarbón también aumentó los nutrientes clave del suelo K, Mn, S y P en un factor de 2 a 9 veces. La aplicación de biocarbón al 2 % y al 6 % mejoró la retención de agua de 55 a 77 y 91 ml respectivamente durante el estudio y, lo que es más importante, más que todo duplicó el rendimiento de biomasa para la misma aplicación de agua. A comparación del estudio de Alderete (2019), que empleo biochar de residuos de una planta oriunda Quelite (*Amaranthus hybridus* L.), para disminuir la presencia de cadmio en suelo agrícola, en el cual, los resultados del análisis de biocarbón fueron 8.53 % de carbono, 1.04 % de nitrógeno, 14.71 de materia orgánica y 1 % de humedad. Además, la eficiencia del biocarbón disminuyó y la eficiencia máxima fue del 59.89%. Colocando biocarbón tratado al 10% en el suelo contaminado, también en el tratamiento secundario utilizando biocarbón a una concentración del 15%, se logró reducir el cadmio en el suelo con una eficiencia máxima del 60%, lo que redujo la migración de cadmio en suelo agrícola y agua. Otra investigación diferente fue realizada por Hamid et al. (2019) que elaboró enmiendas orgánicas para inmovilizar cadmio y plomo presente en suelos de cultivo de arroz y trigo, donde las concentraciones totales iniciales de Cd y Pb fueron de 0.83 y 54.39  $\text{mg.kg}^{-1}$  de suelo, respectivamente, lo que está por encima de los Estándares de Calidad Ambiental Chinos para Suelos, así mismo, el pH fue de 6.34, donde después del tratamiento el cadmio y plomo tuvo una concentración final de 0.315 and 0.222  $\text{mg/kg}^{-1}$ , asimismo el pH tuvo un valor de 7.35. Por otro lado, en la investigación de Liu et al. 2021 realizó biocarbon derivado de paja de cultivos para el aumento de la captura de carbono (C) en el suelo de las tierras de cultivo y la mejora de la eficiencia en el uso del nitrógeno (NUE) de los cultivos para la agricultura sostenible y la protección del medio ambiente. La adición de paja como la de biocarbón aumentaron el contenido de C del suelo en la capa superior del suelo y el tratamiento NPK + LC secuestró 2.6 veces más C del suelo que el tratamiento NPK + HS durante el período de 6 años. Así mismo, durante el período de prueba de

campo de cultivo doble de arroz de 6 años, las enmiendas con biocarbón secuestraron el C del suelo de manera más eficaz que los tratamientos con paja (19.4–27.2 t/C ha<sup>-1</sup> frente a 3.96 – 7.44 t C ha<sup>-1</sup>). El tratamiento NPK + LC secuestró más C (11.9 t C ha<sup>-1</sup>) que el tratamiento NPK + HS durante el ciclo de 6 años a pesar de que las tasas de entrada de paja fueron similares para ambos tratamientos.

## **VI. CONCLUSIONES**

Los parámetros iniciales fisicoquímicos y biológicos del suelo extraído de cultivos de arroz tuvieron una textura en cuanto a arena con 48.56%, arcilla con 33.25 y limo con 18.19%; porosidad del suelo con 2.22 g/cm<sup>3</sup>, humedad con 42%, nitrógeno (N) con 0.1%, 6.12 ppm de fósforo (P), 112.23ppm de potasio (K), 5.24 Meq/100g de calcio (Ca), pH con 5.15, CIC con 7.24, materia orgánica con 2.15% y en cuanto a los parámetros biológicos se encontró hormigas, lombrices, grillos y arañas.

Las características fisicoquímicas del biochar de cáscara de cacao, en el pH con 7.79, C.E de 4.25 ds/m, MO de 2.23%, nitrógeno de 2.74%, fósforo, 0.18%, potasio de 0.23%; calcio con 1.12%, magnesio con 0.69%, fierro con 3002.36 ppm, zinc con 81.32 ppm y manganeso con 254.25ppm. En cuanto a las características fisicoquímicas del biochar de residuos orgánicos, el pH con 7.3, a conductividad eléctrica (C.E) con 9.39 ds/m; la materia orgánica (MO) con 28.23%; el fósforo (P) con 0.23%, potasio (K) con 0.096 %, calcio con 0.91%, magnesio con 0.36%, fierro con 2785.12 ppm, zinc con 63.23ppm y manganeso con 325.12ppm.

Las dosis de aplicación de los dos tipos de biochar, estuvieron en base a 200 gr de biochar de residuos orgánicos y 250 gr de biochar de cáscara de cacao en 1 kg de suelo con la finalidad de mejorar la fertilidad del suelo de cultivos de arroz.

Se determinó las características fisicoquímicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar, en el que el tratamiento T3 con biochar de cáscara de cacao tuvo las mejores características físicas y químicas del suelo cultivos de arroz, demostrando mejorar la fertilidad de este, con la finalidad de sustituir al uso indiscriminado de agroquímicos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar un análisis detallado inicial del estado del suelo en lo que se encuentre para determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos, de esta manera sirva como datos comparativos en los resultados finales después de los tratamientos determinando la eficiencia del biochar.

Tener en cuenta las características fisicoquímicas del biochar, pues de ello también depende su eficiencia en la mejora de la fertilidad del suelo.

Seguir usando la dosis de 250 gr/kg de biochar de cáscara de cacao en el suelo con baja fertilidad como referencia que fue demostrado con más eficacia en aporte con nutrientes al suelo.

Para futuras investigaciones, realizar tratamientos con otras dosis de biochar para determinar su eficacia en la mejora de la fertilidad de suelos contaminados o de baja fertilidad.



## REFERENCIAS

- ABAD CARBAJAL, E., 2022. Aplicación de biochar a partir de biomasa residual de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita C.Martius*) en el suelo agrícola para mejorar la producción del tomate regional (*Costoluto fiorentino*) distrito de Yarinacocha, Ucayali 2019 - 2020. En: Accepted: 2022-03-17T14:39:29Z, *Universidad de Huánuco* [en línea], [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3375>.
- ACUÑA TELLO, S.R. y GONZALES ZAMBRANO, D.A., 2021. Impacto ambiental del suelo del cultivo de arroz por uso de plaguicidas, con remediación de miel de cacao, Tarapoto, 2021. En: Accepted: 2021-12-07T16:25:52Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/75235>.
- ALDERETE QUISPE, M.S., 2019. Eficiencia del biochar en la inmovilización del cadmio, en el suelo agrícola Cupiche, Ricardo Palma, 2019. En: Accepted: 2020-12-11T17:01:31Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50125>.
- ALVAREZ-CAMPOS, O., LANG, T. A., BHADHA, J. H., MCCRAY, J. M., GLAZ, B., & DAROUB, S. H. (2018). *Biochar and mill ash improve yields of sugarcane on a sand soil in Florida. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 253, 122–130. doi:10.1016/j.agee.2017.11.006
- AMEEN, F., & AL-HOMAIDAN, A. A. (2022). *Improving the efficiency of vermicomposting of polluted organic food wastes by adding biochar and mangrove fungi. Chemosphere*, 286, 131945. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.13
- Araujo Pablo et al. Estudio de biochar obtenido a partir de cáscara de cacao, como mejorador del suelo en un cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris*) [en línea] Universidad Central de Ecuador, 2021, [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22332>

- BASHIR, S., SALAM, A., CHHAJRO, M.A., FU, Q., KHAN, M.J., ZHU, J., SHAABAN, M., KUBAR, K.A., ALI, U. y HU, H., 2018. Comparative efficiency of rice husk-derived biochar (RHB) and steel slag (SS) on cadmium (Cd) mobility and its uptake by Chinese cabbage in highly contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 20, no. 12, pp. 1221-1228. ISSN 1522-6514. DOI 10.1080/15226514.2018.1448364.
- Bhawana Bhatta Kaudal, Anthony J. Weatherley, Agronomic effectiveness of urban biochar aged through co-composting with food waste, *Waste Management* Volume 77, 2018, Pages 87-97 [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.042>.
- BONG C.P., LIM L.Y., LEE C.T., ONG P.Y., KLEMEŠ J.J., LI C., GAO Y., 2020, Lignocellulosic Biomass and Food Waste for Biochar Production and Application: A Review, *Chemical Engineering Transactions*, 81, 427-432 DOI:10.3303/CET2081072
- CARRANZA GALLARDO, N.L. y REJANO GARCÍA, C.B., 2020. Mecanismo de inmovilización de metales pesados en suelos agrícolas mediante enmiendas orgánicas (Compost y Biochar) y Microorganismos Benéficos (MOBs). En: Accepted: 2020-12-27T13:59:03Z [en línea], [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3761>.
- DÍAZ MEGO, J.E., 2021. Revisión sistemática: estudio comparativo entre biochar y compost para la inmovilización de metales pesados en suelos agrícolas, 2021. En: Accepted: 2022-03-18T00:23:33Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84285>.
- Escalante, A; Pérez, G; Hidalgo, C; López, J; Campo, J; Valtierra, E; Etchevers, J. 2018. Biocarbón (Biochar) I Naturaleza, fabricación y uso en el suelo. [en línea]. *Red de revistas científicas de América Latina* 34(3): 367- 382. 109
- NAGGAR, A., LEE, S. S., AWAD, Y. M., YANG, X., RYU, C., RIZWAN, M., OK, Y. S. (2018). *Influence of soil properties and feedstocks on biochar potential for carbon mineralization and improvement of infertile soils. Geoderma*, 332, 100–108. doi:10.1016/j.geoderma.2018.06.01

- FARHANGI-ABRIZ, S., TORABIAN, S., QIN, R., NOULAS, C., LU, Y. y GAO, S., 2021. Biochar effects on yield of cereal and legume crops using meta-analysis. *Science of The Total Environment*, vol. 775, pp. 145869. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.145869.
- GONZAGA, M. I. S., MACKOWIAK, C., DE ALMEIDA, A. Q., DE CARVALHO JUNIOR, J. I. T., & ANDRADE, K. R. (2018). Positive and negative effects of biochar from coconut husks, orange bagasse and pine wood chips on maize (*Zea mays* L.) growth and nutrition. *CATENA*, 162, 414–420. doi:10.1016/j.catena.2017.10.018
- GUIVIN, F., [sin fecha]. Arroz en la región san Martín. [en línea]. [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=5423>.
- HAMID, Y., TANG, L., YASEEN, M., HUSSAIN, B., ZEHRA, A., AZIZ, M.Z., HE, Z. y YANG, X., 2019. Comparative efficacy of organic and inorganic amendments for cadmium and lead immobilization in contaminated soil under rice-wheat cropping system. *Chemosphere*, vol. 214, pp. 259-268. ISSN 0045-6535. DOI 10.1016/j.chemosphere.2018.09.113.
- HU, Y., ZHANG, P., YANG, M., LIU, Y., ZHANG, X., FENG, S., GUO, D. y DANG, X., 2020. Biochar is an effective amendment to remediate Cd-contaminated soils—a meta-analysis. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 20, no. 11, pp. 3884-3895. ISSN 1614-7480. DOI 10.1007/s11368-020-02726-9.
- LIU, J., JIANG, B., SHEN, J., ZHU, X., YI, W., LI, Y. y WU, J., 2021. Contrasting effects of straw and straw-derived biochar applications on soil carbon accumulation and nitrogen use efficiency in double-rice cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 311, pp. 107286. ISSN 0167-8809. DOI 10.1016/j.agee.2020.107286.
- LIU, Z., WU, X., LIU, W., BIAN, R., GE, T., ZHANG, W., ZHENG, J., DROSOS, M., LIU, X., ZHANG, X., CHENG, K., LI, L. y PAN, G., 2020. Greater microbial carbon use efficiency and carbon sequestration in soils: Amendment of biochar versus crop straws. *GCB Bioenergy*, vol. 12, no. 12, pp. 1092-1103. ISSN 1757-1707. DOI 10.1111/gcbb.12763.

MANDAL, A., SARKAR, B., MANDAL, S., VITHANAGE, M., PATRA, A.K. y MANNA, M.C., 2020. Chapter 7 - Impact of agrochemicals on soil health. En: M.N.V. PRASAD (ed.), *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation* [en línea]. S.l.: Butterworth-Heinemann, pp. 161-187. [Consulta: 29 septiembre 2022]. ISBN 978-0-08-103017-2. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081030172000076>.

MEENA, R.S., KUMAR, S., DATTA, R., LAL, R., VIJAYAKUMAR, V., BRTNICKY, M., SHARMA, M.P., YADAV, G.S., JHARIYA, M.K., JANGIR, C.K., PATHAN, S.I., DOKULILOVA, T., PECINA, V. y MARFO, T.D., 2020. Impact of Agrochemicals on Soil Microbiota and Management: A Review. *Land*, vol. 9, no. 2, pp. 34. ISSN 2073-445X. DOI 10.3390/land9020034.

MOHAN, Dinesh et al. Biochar production and applications in soil fertility and carbon sequestration – a sustainable solution to crop-residue burning in India. [En línea] Royal Society of Chemistry - volume 8 (2018) pp. 508 – 520 [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2022] Disponible en: DOI: 10.1039/C7RA10353K

Murtaza, G., Ditta, A., Ullah, N. et al. Biochar for the Management of Nutrient Impoverished and Metal Contaminated Soils: Preparation, Applications, and Prospects. [En línea] *J Soil Sci Plant Nutr* 21, 2191–2213 (2021). [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00514-z>

Muños, Maria. J. Efecto de biochar y fertilizantes sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, desarrollo radical y componentes de rendimiento en arroz. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1543/1/TTA27D.pdf>

PRADHAN, S., MACKEY, H.R., AL-ANSARI, T.A. et al. Biochar from food waste: a sustainable amendment to reduce water stress and improve the growth of chickpea plants. *Biomass Conv. Bioref.* 12, 4549–4562 (2022). <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02575-1>

OLADELE, S., ADEYEMO, A., AWODUN, M., AJAYI, A. y FASINA, A., 2019. Effects of biochar and nitrogen fertilizer on soil physicochemical properties, nitrogen

use efficiency and upland rice (*Oryza sativa*) yield grown on an Alfisol in Southwestern Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 8, no. 3, pp. 295-308. ISSN 2251-7715. DOI 10.1007/s40093-019-0251-0.

OLADELE, S.O., 2019. Effect of biochar amendment on soil enzymatic activities, carboxylate secretions and upland rice performance in a sandy clay loam Alfisol of Southwest Nigeria. *Scientific African*, vol. 4, pp. e00107. ISSN 2468-2276. DOI 10.1016/j.sciaf.2019.e00107.

RADIN, R., ABU BAKAR, R., ISHAK, C.F. et al. Biochar-compost mixture as amendment for improvement of polybag-growing media and oil palm seedlings at main nursery stage. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 7, 11–23 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0185-3>

SANCHEZ-MONEDERO, M. A., CAYUELA, M. L., ROIG, A., JINDO, K., MONDINI, C., & BOLAN, N. (2018). Role of biochar as an additive in organic waste composting. *Bioresource Technology*, 247, 1155–1164. doi:10.1016/j.biortech.2017.09.19

SENASA, [sin fecha]. Producción de arroz en San Martín genera más de US\$ 100 millones al año en ventas. [en línea]. [Consulta: 29 septiembre 2022]. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-produccion-arroz-san-martin-genera-mas-100-millones-al-ano-ventas-493900.aspx>.

SHAABAN, M., VAN ZWIETEN, L., BASHIR, S., YOUNAS, A., NÚÑEZ-DELGADO, A., CHHAJRO, M. A., HU, R. (2018). *A concise review of biochar application to agricultural soils to improve soil conditions and fight pollution. Journal of Environmental Management*, 228, 429–440. doi:10.1016/j.jenvman.2018.09.006

SONG, D., TANG, J., XI, X., ZHANG, S., LIANG, G., ZHOU, W., & WANG, X. (2018). *Responses of soil nutrients and microbial activities to additions of maize straw biochar and chemical fertilization in a calcareous soil. European Journal of Soil Biology*, 84, 1–10. doi:10.1016/j.ejsobi.2017.11.003

- Solisor Luz T., 2021. efecto del biochar del Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la mejora de la calidad de suelo y las características morfológicas del rabanito (*Raphanus sativus*) - Huánuco 2020. Universidad de Huánuco. <https://core.ac.uk/download/pdf/459227299.pdf>
- SYAHMINAR, S., HARAHAP, E.M., RAUF, A. y JAMIL, A., 2019. Effect of Amelioran Material on Soil Chemical Properties of Incubated Peat Planting Media in Polybag. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, vol. 7, no. 7, pp. 1082-1087. ISSN 2148-127X. DOI 10.24925/turjaf.v7i7.1082-1087.2539.
- Tian X, Li C, Zhang M, Wan Y, Xie Z, Chen B, et al. (2018) El biocarbón derivado de la paja de maíz afectó la disponibilidad y distribución de nutrientes del suelo y el rendimiento del algodón. *PLoS ONE* 13(1): e0189924. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189924>
- TICONA ENCINAS, B., 2022. Eficiencia de diferentes dosis de biochar para remediar la acidificación del suelo agrícola, en invernadero, Puno, 2019. En: Accepted: 2022-08-03T14:56:57Z, *Universidad Privada San Carlos* [en línea], [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC S.A.C./212>.
- Tomayo, Yesenia D y Muños, Andrea I., (2020). Estudio de biochar obtenido a partir de cáscara de cacao, como mejorador del suelo en un cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris*). Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/22332/1/T-UCE-0017-IQU-103.pdf>
- Ullah, N., Ditta, A., Khalid, A. et al. Integrated Effect of Algal Biochar and Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Physiology and Growth of Maize Under Deficit Irrigations. [En línea] *J Soil Sci Plant Nutr* 20, 346–356 (2020). [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00112-0>
- WANG, J. y WANG, S., 2019. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 227, pp. 1002-1022. ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.04.282.

- Wang, Y., Xu, Y., Li, D., Tang, B., Man, S., Jia, Y., & Xu, H. (2018). Vermicompost and biochar as bio-conditioners to immobilize heavy metal and improve soil fertility on cadmium contaminated soil under acid rain stress. *Science of The Total Environment*, 621, 1057–1065. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.1
- XIAO, R., WANG, P., MI, S., ALI, A., LIU, X., LI, Y., GUAN, W., LI, R. y ZHANG, Z., 2019. Effects of crop straw and its derived biochar on the mobility and bioavailability in Cd and Zn in two smelter-contaminated alkaline soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 181, pp. 155-163. ISSN 0147-6513. DOI 10.1016/j.ecoenv.2019.06.005.
- Yang X, Zhang S, Ju M, Liu L. Preparation and Modification of Biochar Materials and their Application in Soil Remediation. [En línea] *Applied Sciences*. 2019; 9(7):1365. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app9071365>
- Yao, P., Zhou, H., Li, X., Wei, L., Wang, J., Zhang, S., & Ye, X. (2021). Effect of biochar on the accumulation and distribution of cadmium in tobacco (*Yunyan 87*) at different developmental stages. [En línea] *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207, 111295. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111295>
- Zhang, J., Hu, H., Wang, M., Li, Y., Wu, S., Cao, Y., Shan, S. (2020). Land application of sewage sludge biochar: Assessments of soil-plant-human health risks from potentially toxic metals. [En línea] *Science of The Total Environment*, 144137. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144137>
- ZHANG, Q., SONG, Y., WU, Z., YAN, X., GUNINA, A., KUZUYAKOV, Y. y XIONG, Z., 2020. Effects of six-year biochar amendment on soil aggregation, crop growth, and nitrogen and phosphorus use efficiencies in a rice-wheat rotation. [En línea] *Journal of Cleaner Production*, vol. 242, pp. 118435. ISSN 0959-6526. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: DOI 10.1016/j.jclepro.2019.118435.
- Zhao, W., Cui, Y., Sun, X., Wang, H., & Teng, X. (2021). Corn stover biochar increased edible safety of spinach by reducing the migration of mercury from

soil to spinach. [En línea] *Science of The Total Environment*, 758, 143883. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143883>

Zheng, H., Wang, X., Luo, X., Wang, Z., & Xing, B. (2018). Biochar-induced negative carbon mineralization priming effects in a coastal wetland soil: Roles of soil aggregation and microbial modulation. [En línea] *Science of The Total Environment*, 610-611, 951–960. [Consulta: 27 septiembre 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.166>



## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO	Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023						
<b>PROBLEMA</b>	<b>GENERAL</b>	¿La aplicación del biochar mejorará la fertilidad de los suelos en cultivo de arroz en Tarapoto, San Martín 2023?					
	<b>ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles serán las características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que serán aplicados en el mejoramiento de la fertilidad del suelo de cultivos de arroz?</li> <li>• ¿Cuáles son las dosis de aplicación de los dos tipos de biochar para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo?</li> <li>• ¿Cuál es la condición del suelo extraído del distrito de Tarapoto, San Martín mediante la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos?</li> <li>• ¿Cuáles son características físicas, químicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar de cáscara de cacao y de residuos orgánicos?</li> </ul>					
<b>OBJETIVOS</b>	<b>GENERAL</b>	Mejorar la fertilidad de los suelos de cultivos de arroz utilizando Biochar elaborado a partir de residuos orgánicos en Tarapoto, Región San Martín 2023					
	<b>ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar las características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que serán aplicados en el mejoramiento de la fertilidad del suelo de cultivos de arroz.</li> <li>• Establecer las dosis de aplicación de los dos tipos de biochar para el mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.</li> <li>• Determinar las condiciones del suelo extraído del distrito de Tarapoto, San Martín mediante la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos.</li> <li>• Determinar las características físicas, químicas y biológicas del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar de cascara de cacao y de residuos orgánicos.</li> </ul>					
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>Hipótesis general</b>	La aplicación de biochar mejora la fertilidad del suelo en cultivos de arroz en Tarapoto, San Martín 2023.					
	<b>Hipótesis específicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los análisis de laboratorio permitirán establecer las características físicas y químicas de los dos tipos de biochar que permitirán mejor la fertilidad del suelo de cultivos de arroz.</li> <li>• Las dosis de 200 y 250 gr de los dos tipos de biochar permitirán mejor las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.</li> <li>• Las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en cultivo de arroz son diferentes después de la aplicación del biochar.</li> <li>• Las características físicas, químicas y biológicas del suelo influyen en la recuperación de la fertilidad del suelo después de la aplicación de los dos tipos de biochar de cáscara de cacao y de residuos orgánicos</li> </ul>					
<b>VARIABLES</b>	<b>INDEPENDIENTE</b> Biochar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades fisicoquímicas</li> <li>• Dosis</li> </ul>	<b>DIMENSIONES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CIC, pH, Conductividad eléctrica, Nitrógeno, MO, Calcio, Potasio, Fósforo, Textura, porosidad, color, densidad, humedad.</li> <li>• 1era dosis, 2da dosis, 3era dosis.</li> </ul>	<b>INDICADORES</b>	meq/100 g, dS/m, %, %, meq/100g, ppm, ppm, %, g/cm <sup>3</sup> , g/cm <sup>3</sup> , °C, %, gr/kg	U n i d a d
	<b>DEPENDIENTE</b> Fertilidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades fisicoquímicas y biológicas antes del tratamiento</li> <li>• Propiedades fisicoquímicas después del tratamiento</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Textura, porosidad, humedad, color, temperatura y densidad Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, sodio, CIC, MO, pH.</li> <li>• Textura, porosidad, humedad, color, temperatura y densidad Nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, sodio, CIC, MO, pH.</li> </ul>		%, g/cm <sup>3</sup> , %, °C, kg/m <sup>3</sup> , %, ppm, ppm, Meq/100g, Meq/100g, Meq/100g, %, UFC	D e m e d i d a

**Anexo 2:** Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA /ESCALA
<b>Independiente:</b> Biochar	El biochar es un producto que brindar beneficios al suelo, incrementando su fertilidad mediante la influencia en sus propiedades químicas, biológicas y físicas (Escalante 2018). Se obtiene mediante la conversión de biomasa en un proceso de combustión semi-anaeróbica (pirólisis) o incompleta a temperaturas entre 350 y 500°C, contribuyendo a materiales con alto contenido de carbono y cenizas, que a su vez mejoran la condición del suelo (Carranza y Rejano, 2020).	El Biochar será evaluado mediante sus propiedades químicas y condiciones de aplicación. Para después ser aplicado mediante dosis y repeticiones y así determinar su eficiencia en mejoramiento de suelos de cultivos de arroz.	Propiedades Físicoquímicas	Capacidad de intercambio catiónico	meq/100g
				pH	1 - 14
				Nitrógeno	%
				Calcio	Meq/100g
				Potasio	ppm
				Fósforo	ppm
				Magnesio	%
				Hierro	ppm
				Zinc	ppm
				Manganeso	ppm
				Materia Orgánica	%
				Conductividad eléctrica	dS/m
				Temperatura	°C
			Humedad	%	
Dosis	1er Dosis	gr/kg			
	2da Dosis	gr/kg			
	3era Dosis	gr/kg			
<b>Dependiente:</b> Fertilidad del suelo	Es la capacidad que tiene el suelo de sustentar la vida vegetal, al mismo tiempo depende de la disponibilidad de nutrientes, la capacidad	Se evaluará fertilidad de suelos mediante la aplicación de 2 tipos de biochar, divididos en tres tratamientos. T0: Testigo	Propiedades físicoquímicas y	Textura	%
				Porosidad	g/cm3
				Humedad	%
				Color	---

de retención del agua, la existencia de un espacio físico para el crecimiento de las raíces y movimiento de gases, la presencia de microorganismos que actúen en los ciclos de los nutrientes y otros que controlen los problemas sanitarios; y de la ausencia de procesos de destrucción (Oladele et al., 2019)

sin ningún biochar, T1: Biochar de residuos orgánicos, T2: Biochar de cascara de cacao, los cuales contarán con 3 repeticiones cada uno y así analizar la efectividad mediante análisis pre post aplicación.

biológicas antes del tratamiento

Temperatura	°C
Densidad	t/m3
Conductividad eléctrica	µS/cm
MO	%
Nitrógeno	%
Fósforo (P)	ppm
Potasio (K)	ppm
Calcio (Ca)	Meq/100g
Magnesio (Mg)	Meq/100g
Sodio (Na)	Meq/100g
CIC	meq/100g
pH	1 - 14
Hormigas	Unidad
Lombrices	Unidad
Mariquitas	Unidad
Arañas	Unidad
Grillos	Unidad
Textura	%
Porosidad	g/cm3
Humedad	%
Color	-----
Temperatura	°C
Densidad	t/m3
Conductividad eléctrica	µS/cm
MO	%
Nitrógeno	%
Fosforo (P)	ppm

Propiedades fisicoquímicas después del tratamiento

			Potasio (K)	ppm
			Calcio (Ca)	Meq/100g
			Magnesio (Mg)	Meq/100g
			Sodio (Na)	Meq/100g
			CIC	Meq/100g
			pH	1 - 14

## Anexo 3: Carta a expertos para validación de instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### CARTA A EXPERTOS PARA EVALUACIÓN DE INSTRUMENTO

Tarapoto, de diciembre de 2022

Apellidos y nombres del experto

Asunto: **Evaluación de instrumento**


Sirva la presente para expresarles nuestro cordial saludo e informarles que estamos desarrollando y elaborando nuestra tesis titulada: **"Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023"**, a fin de optar el grado o título de: Ingeniero Ambiental.

Por ello, estamos desarrollando un estudio en el cual se incluye instrumentos de recolección de datos, denominado: **"FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS"** por ser una investigación cuantitativa; por lo que, le solicito tenga a bien realizar la validación de este instrumento de investigación, que adjunto, para cubrir con el requisito de "Juicio de expertos".

Esperando tener la acogida a esta petición, hago propicia la oportunidad para renovar mi aprecio y especial consideración.

Atentamente,

  
.....  
Reategui Hidalgo, Erika Tatiana  
DNI: 73014860

  
.....  
Shapiama Chashnamote, Anselmo  
DNI: 70161828

## Anexo 4: Carta de aceptación de validación de instrumentos

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN


Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: ***"Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023"*** de los autores Reátegui Hidalgo, Erika Tatiana y Shapiama Chashnamote, Anselmo, estudiantes del Programa de estudio de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis de suelo en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por los autores, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, de diciembre de 2022

Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308

## Anexo 5: Matriz de consistencia evaluada por experto

Anexo 1: Matriz de consistencia

VARIABLE	DEFINICIÓN DEL CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDA/ESCALA
<b>Independiente:</b> Biochar	El biochar es un producto que brindar beneficios al suelo, incrementando su fertilidad mediante la influencia en sus propiedades químicas, biológicas y físicas (Escalante, 2018). Se obtiene mediante la conversión de biomasa en un proceso de combustión semi-anaeróbica (pirólisis) o incompleta a temperaturas entre 350 y 500°C, contribuyendo a materiales con alto contenido de carbono y cenizas, que a su vez mejoran la condición del suelo (Carranza y Rejano, 2020).	El Biochar será evaluado mediante sus propiedades químicas y condiciones de aplicación. Para después ser aplicado mediante dosis y repeticiones y así determinar su eficiencia en mejoramiento de suelos de cultivos de arroz.	Propiedades químicas y físicas del biochar	• Capacidad de intercambio catiónico	• meq/100g
				• pH	• ---
<b>Dependiente:</b> Fertilidad del suelo)	Es la capacidad que tiene el suelo de sustentar la vida vegetal, al mismo tiempo depende de la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de retención del agua, la existencia de un espacio físico para el crecimiento de las raíces y movimiento de gases, la presencia	Se evaluará fertilidad de suelos mediante la aplicación de 2 tipos de biochar, divididos en tres tratamientos. T0: Testigo sin ningún biochar, T1: Biochar de residuos orgánicos, T2: Biochar de cascara de cacao,	Propiedades físicas (antes y después de aplicar biochar)	• Conductividad eléctrica	• dS/m
				• Nitrogeno	• %
				• Materia Orgánica	• %
				• Calcio	• Meq/100g
				• Potasio	• ppm
				• Fósforo	• ppm
				• Textura	• %
				• Porosidad	• g/cm3
				• Color	• ---
				• Densidad	• Kg/m3
				• Temperatura	• °C
				• Humedad	• %
			Dosis	• 1er Dosis	• gr/kg
				• 2da Dosis	
				• 3era Dosis	
				• Frecuencia de aplicación	• 3 repeticiones por tratamiento
				• Forma de aplicación	• Directa de un solo hoyo
				• Textura	• %
				• Porosidad	• g/cm3
				• Humedad	• %
				• Color	• ---
				• Temperatura	• °C
				• Densidad	• Kg/m3

4

	de microorganismos que actúen en los ciclos de los nutrientes y otros que controlen los problemas sanitarios; y de la ausencia de procesos de destrucción (Cladele et al., 2019)	los cuales contarán con 3 repeticiones cada uno y así analizar la efectividad mediante análisis pre post aplicación.	Propiedades químicas (antes y después de aplicar biochar)	• Nitrogeno	• %
				• P	• ppm
				• K	• ppm
				• Ca	• Meq/100g
				• Mg	• Meq/100g
				• Na	• Meq/100g
				• ClC	• meq/100g
				• MO	• %
				• pH	• ---
			Propiedades biológicas (antes y después de aplicar biochar)	• Hongos	• UFC
				• Bacterias	• UFC

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ojeda Galvez  
 DNI: 08447308

## Anexo 6: Matriz de validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: ORDÓÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO  
 Cargo o institución donde labora: DOCENTE DE LA UCV  
 Especialidad o línea de investigación: HIDROLOGIA AMBINETAL  
 Instrumento de evaluación:  
 Autor (s) del instrumento (s):

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Minimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.											X		
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.											X		
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental											X		
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.											X		
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.											X		
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.											X		
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.											X		
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental											X		
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.											X		
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.											X		
<b>PUNTAJE TOTAL</b>												90		

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

Atentamente,

Tarapoto, de diciembre de 2022

Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308





## Anexo 7: Matriz de validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres:  
 Cargo o institución donde labora:  
 Especialidad o línea de investigación:  
 Instrumento de evaluación:  
 Autor (s) del instrumento (s): Reategui Erika, Shapiama Anselmo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Minimamente aceptable				Aceptable		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.												X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.												X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organización lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permitan hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.												X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.												X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.												X	
CONSISTENCIA	La información que se recoge a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.												X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental												X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.												X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.												X	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>													95	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALOR

95%

Atentamente:

ING. Yosselin Suarez Tineo  
 CIP: 293677

Tarapoto, de diciembre de 2022

## Anexo 8: Carta de aceptación de validación de instrumentos



### CONSTANCIA

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Por la presente se deja constancia de haber revisado los instrumentos de investigación para ser utilizados en la investigación, cuyo título es: ***“Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023”*** de los autores Reátegui Hidalgo, Erika Tatiana y Shapiama Chashnamote, Anselmo, estudiantes del Programa de estudio de la Universidad César Vallejo, filial Tarapoto.

Dichos instrumentos serán aplicados para la investigación tipo aplicada, que realizarán a través de la recolección de información de los experimentos y análisis de suelo en laboratorio, que servirán para nutrir los resultados y discusiones de la tesis.

Las observaciones realizadas han sido levantadas por los autores, quedando finalmente aprobadas. Por lo tanto, cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente considerando las variables de la investigación.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado(a) para los fines que considere pertinentes.

Lima, 21 de diciembre de 2022



---

**Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo**  
**DNI: 01066653**  
**TELEFONO: 994552085**

## Anexo 9: Matriz de validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres: Jave Nakayo Jorge Leonardo  
 Cargo o institución donde labora: Docente UCV  
 Especialidad o línea de investigación: Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible  
 Instrumento de evaluación:  
 Autor (s) del instrumento (s): Reategui Erika, Shapiama Anselmo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

(1) INACEPTABLE (2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE (3) ACEPTABLE

CRITERIOS	INDICADORES	Inaceptable						Minimamente aceptable			Aceptable			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.										X			
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.										X			
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental.										X			
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.										X			
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.										X			
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.										X			
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.										X			
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental.										X			
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.										X			
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.										X			
<b>PUNTAJE TOTAL</b>											85			

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 81 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALOR

85%

Atentamente;

Tarapoto, 21 de diciembre de 2022

## Anexo 10: Matriz de recolección de datos de las propiedades fisicoquímicas del biochar



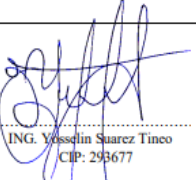




### Anexo 2: Guía de observación directa de laboratorio de las propiedad químicas y físicas del biochar

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

TITULO: Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023															
Propiedades físicas, químicas del biochar															
Biochar	Propiedades químicas								Propiedades físicas					Dosis	
	CIC	pH	CE	N	MO	Ca	K	P	Textura	Porosidad	Color	Densidad	T°		Humedad
Biochar de cáscara de cacao															
Biochar de residuos orgánicos															

Atentamente,  Juan Julio Ordóñez Galeaz DNI: 08447308	  ING. Yosselin Suarez Tinco CIP: 293677	  Jorge Leonardo Jave Nakayo CIP N° 43444
---	---	--

## Anexo 11: Matriz de recolección de datos de las propiedades físicas del suelo



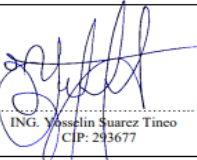



### Anexo 3: Fichas de recolección de datos de laboratorio de las propiedades físicas del suelo

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

TITULO: Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023											
Tratamiento	Coordenadas		Altura	Características físicas del suelo						Dosis	
	Norte	Este	MSNM	Textura	Porosidad	Humedad	Color	Temperatura	Densidad		
Pre tratamiento											
T1											
T2											
T3											

Atentamente,  Juan Julio Ordóñez Galeaz DNI: 08447308	  ING. Yosselin Suarez Tinco CIP: 293677	  Jorge Leonardo Jave Nakayo CIP N° 43444
---	---	---

## Anexo 12: Matriz de recolección de datos de las propiedades químicas del suelo






### Anexo 4: Fichas de recolección de datos de laboratorio de las propiedades químicas del suelo

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

TITULO: Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023													
Tratamiento	Coordenadas		Altura	Propiedades químicas de suelo									Dosis
	Norte	Este	MSNM	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	MO	pH	
Pre tratamiento													
T1													
T2													
T3													

<p>Atentamente,</p>  <p>Juan Julio Chirinos Galvez DNI: 08447308</p>	<p></p> <p>ING. Yosselin Suarez Tinco CIP: 243677</p>	<p></p> <p>Jorge Leonardo Jave Nakayo CIP N° 43444</p>
---	--	---

## Anexo 13: Matriz de recolección de datos de las propiedades biológicas del suelo


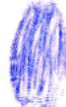



### Anexo 5: Fichas de recolección de datos de laboratorio de las propiedades biológicas del suelo

LUGAR DE ESTUDIO: \_\_\_\_\_ REALIZADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

TITULO: Mejoramiento de la fertilidad de suelos de cultivos de arroz mediante el uso del Biochar en Tarapoto, San Martín 2023								
Tratamiento	Coordenadas		Altura	Propiedades biológicas de suelo				Dosis
	Norte	Este	MSNM	Lombrices	Hormigas	Arañas	Mariquitas	
Pre tratamiento								
T1								
T2								
T3								

<p>Atentamente,</p>  <p>Juan Julio Chirinos Galvez DNI: 08447308</p>	<p></p> <p>ING. Yosselin Suarez Tinco CIP: 298677</p>	<p></p> <p>Jorge Leonardo Jave Nakayo CIP N° 43444</p>
---	---	---

## Anexo 14: Solicitud de permiso para acceso a terreno agrícola



**SOLICITO:** Permiso para realizar la ejecución de tesis en terreno agrícola del sector Cumbasillo, provincia de San Martín

**SEÑOR:** Alberto Montilla peso  
**DNI:** 01062029


Nosotros, Anselmo Shapiama Chashnamote, con documento de identidad N° 70161828 con domicilio actual en Jirón Hilo #199 - Tarapoto, y Erika Tatiana Reategui Hidalgo con documento de identidad N°73014860 con domicilio actual en Jirón Camila Morey #397 – Tarapoto, Ambos bachilleres en Ingeniería Ambiental, ante Ud. Con el debido respeto nos presentamos y exponemos:


Que, estando en la última etapa de culminación de la carrera profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, en la Universidad César Vallejo, solicito a su despacho permiso para realizar la ejecución de nuestra tesis titulada: *"Mejoramiento de la fertilidad de suelos en cultivos de arroz mediante el uso del Biochar a partir de residuos orgánicos en Tarapoto, San Martín 2023"*, con un tiempo estimado de dos meses en promedio para la puesta en marcha de nuestro experimento de investigación.

Seguros de su aceptación, nos despedimos de Ud. deseándole éxitos en su gestión, como también salud a su persona y el de todo su equipo de trabajo.


Tarapoto, 02 de diciembre del 2022

*Atentamente:*

  
\_\_\_\_\_  
Shapiama Chashnamote, Anselmo  
DNI N° 70161828  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

  
\_\_\_\_\_  
Reategui Hidalgo, Erika Tatiana  
DNI N°73014860  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

*Firma de Aceptación del Propietario del Terreno:*

  
\_\_\_\_\_  
Montilla peso, Alberto  
DNI N° 01062029  
Propietario

## Anexo 15: Análisis del suelo de cultivos de arroz antes del tratamiento



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



### ANÁLISIS DE SUELOS CARACTERIZACIÓN

SOLICITANTES : ERIKA REÁTEGUI HIDALGO

FECHA DE MUESTREO: 13/12/2022

ANSELMO SHAPIAMA CHASNAMOTE

FECHA DE REPORTE: 23/12/2022

PROVINCIA: SAN MARTÍN

CULTIVO: ARROZ

DISTRITO: MORALES

SECTOR: CUMBACILLO

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Aci. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>		
1	48.56	33.25	18.19	F Arci Are	5.15	96.9	2.15	0.1	6.12	112.23	7.4	5.24	0.53	0.3	0.3	1.12	1.89	85	25.45

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>
5.15	96.9	2.15	0.09675	6.12	112.23	5.24	0.53	0.25	1.12	1.89
Fuertemente ácido	No hay problemas de sales	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Alto	Alto

Densidad Aparente	→	1.32 t/m <sup>3</sup>
%CaCO <sub>3</sub>	→	0.44%

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000	Clasificación		% CaCO <sub>3</sub>		Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000	No calcáreo		< 0.5%		Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
Clasificación	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Muy ligeramente calcáreo		0.5 - 1.0 %	Fuertemente alcalino	> 8.3
Bajo	< 5	< 0.5	Ligeramente calcáreo		1.0 - 2.0 %		
Adecuado	5 a 10	0.5 a 1.5	Moderadamente Calcáreo		2.0 - 5.0 %		
Alto	> 10	> 1.5	Calcáreo		> 5.0 %		

  
 Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

## Anexo 16: Análisis del biochar de residuos orgánicos

Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Jr. Amorarca Cdra. 3  
Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA  
Morales - San Martín  
Teléfono: 985800927  
[cverde@unsm.edu.pe](mailto:cverde@unsm.edu.pe)



### INFORME DE ENSAYO BIOCHAR - 2023 -LSA- FCA-UNSM

Solicitantes : Erika Reátegui Hidalgo  
: Anselmo Shapiama Chasnamote  
Procedencia : San Martín - Tarapoto  
Producto : Biochar - residuos orgánicos  
Cantidad de muestra : 500 g Aprox.  
Presentación : Bolsa Plástica Rotulada  
Metodologías : Absorción Atómica, Kjendhal, Potenciometría  
Fecha de ingreso : 27/12/2023  
Fecha de reporte : 13/01/2023

Parámetros medidos	Contenido
pH	7.3
Conductividad Eléctrica (CE mS/m)	9.39
Materia Orgánica (%)	28.23
Nitrógeno total (%)	3.12
Fósforo P (%)	0.23
Potasio K(%)	0.096
Calcio Ca (%)	0.91
Magnesio Mg (%)	0.36
Fierro Fe (ppm)	2785.12
Zinc Zn (ppm)	63.23
Manganeso Mn (ppm)	325.12

  
Ing. Carlos Velde Gorbau  
Univ. de Ingenieros de Suelos y Suelos  
UNSM - TARAPOTO  
Facultad de Ciencias Agrarias



## Anexo 17: Análisis del biochar de cáscara de cacao

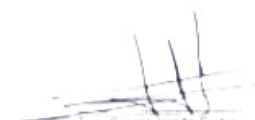
Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Jr. Amorarca Cdra. 3  
Ciudad Universitaria- Laboratorio de Suelos - FCA  
Morales - San Martín  
Teléfono: 985800927  
[cverde@unsm.edu.pe](mailto:cverde@unsm.edu.pe)



### INFORME DE ENSAYO BIOCHAR - 2023 -LSA- FCA-UNSM

Solicitantes : Erika Reátegui Hidalgo  
: Anselmo Shapiama Chasnamote  
Procedencia : San Martín - Tarapoto  
Producto : Biochar - cáscara de cacao  
Cantidad de muestra : 500 g Aprox.  
Presentación : Bolsa Plástica Rotulada  
Metodologías : Absorción Atómica, Kjendhal, Potenciometría  
Fecha de ingreso : 27/12/2023  
Fecha de reporte : 13/01/2023

Parámetros medidos	Contenido
pH	7.79
Conductividad Eléctrica (CE mS/m)	4.25
Materia Orgánica (%)	32.23
Nitrógeno total (%)	2.74
Fósforo P (%)	0.18
Potasio K(%)	0.23
Calcio Ca (%)	1.12
Magnesio Mg (%)	0.69
Hierro Fe (ppm)	3002.36
Zinc Zn (ppm)	81.32
Manganeso Mn (ppm)	254.25

  
Ing. Carlos Verde  
Laboratorio de Suelos y Fertilizantes  
UNSM - TARAPOTO  
Facultad de Ciencias Agrarias

## Anexo 18: Análisis de laboratorio en suelo sin tratar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023

PROVINCIA: SAN MARTÍN

FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

DISTRITO: MORALES

MUESTRA 1: SIN TRATAR

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Acl. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>		
1	47.58	33.0	17.5	F Arci Are	5.16	95.9	2.12	0.1	6.21	112.23	7.9	5.22	0.52	0.3	0.4	1.11	1.88	85	25.42

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>
5.16	95.9	2.12	0.1	6.21	112.23	5.22	0.52	0.4	1.11	1.88
Fuertemente ácido	No hay problemas de sales	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Muy Bajo	Muy bajo	Muy Bajo	Alto	Alto

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.33 t/m<sup>3</sup>  
 %CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.44 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

  
 Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3  
 Distrito de Morales  
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
 Telf: 985800927

## Anexo 19: Análisis de laboratorio en suelo sin tratar



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
 PROVINCIA: SAN MARTÍN  
 DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

MUESTRA 2: SIN TRATAR

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Acl. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>		
1	48.12	32.1	15.3	F Arci Are	5.65	99.7	1.94	0.1	5.92	103.5	8.2	4.92	0.48	0.3	0.3	1.42	1.91	89	24.98

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>
5.65	99.7	1.94	0.1	5.92	103.5	4.92	0.48	0.3	1.42	1.91
Moderadamente ácido	No hay problemas de sales	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Muy Bajo	Muy bajo	Muy Bajo	Alto	Alto

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.32 t/m<sup>3</sup>  
 %CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.41 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

  
 Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3  
 Distrito de Morales  
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
 Telf: 985800927

## Anexo 20: Análisis de laboratorio en suelo sin tratar



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
 PROVINCIA: SAN MARTÍN  
 DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

### MUESTRA 3: SIN TRATAR

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Aci. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>		
1	49.34	35.7	21.1	F ArciAre	5.31	102.4	1.98	0.1	6.1	101.75	12.7	6.4	0.49	0.4	0.3	1.42	1.94	94	24.12

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
5.31	102.4	1.98	0.1	6.1	101.75	6.4	0.49	0.3	1.42	1.94
Fuertemente ácido	No hay problemas de sales	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Muy Bajo	Muy bajo	Muy Bajo	Alto	Alto

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.36 t/m<sup>3</sup>  
 %CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.39 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

  
 Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorcra cdra 3  
 Distrito de Morales  
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
 Telf: 985800927

## Anexo 21: Análisis de laboratorio del suelo tratado con 200 gr de biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
 PROVINCIA: SAN MARTÍN  
 DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

MUESTRA 4: CON 200 GR/MACETA

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Acl. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> +H <sup>+</sup>		
1	42.92	38.5	23.2	F Arcilloso	6.75	72.21	3.4	0.104	9.1	152.85	22.9	12.8	1.82	0.8	0.4	0.82	0.98	100	0.00

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
6.75	72.21	3.4	0.104	9.1	152.85	12.8	1.82	0.4	0.82	0.98
Neutro	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.42 t/m<sup>3</sup>  
 %CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.41 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3  
 Distrito de Morales  
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
 Telf: 985800927

## Anexo 22: Análisis de laboratorio del suelo tratado con 200 gr de biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
 PROVINCIA: SAN MARTÍN  
 DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

MUESTRA 5: CON 200 GR/MACETA

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Acl. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Al}^{+3}$	$\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$		
1	43.21	37.8	22.8	F Arcilloso	6.82	79.14	3.9	0.1	8.7	149.45	26.2	13.4	2.2	0.9	0.3	0.89	0.86	100	0.00

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{Na}^+$	$\text{Al}^{+3}$	$\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$
6.82	79.14	3.9	0.1	8.7	149.45	13.4	2.2	0.3	0.89	0.86
Neutro	No hay problemas de sales	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Muy bajo	Bajo	Bajo

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.41  $\text{t}/\text{m}^3$   
 % $\text{CaCO}_3$   $\rightarrow$  0.39 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorraca cdra 3  
 Distrito de Morales  
 Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
 Telf: 985800927

## Anexo 23: Análisis de laboratorio del suelo tratado con 200 gr de biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
PROVINCIA: SAN MARTÍN  
DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

MUESTRA 6: CON 200 GR/MACETA

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Acl. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>		
1	43.34	37.8	21.9	F Arcilloso	6.92	85.62	3.8	0.104	9.87	146.75	24.3	11.2	1.62	0.9	0.4	0.89	0.95	100	0.00

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>
6.9	85.62	3.8	0.104	9.87	146.75	11.2	1.62	0.4	0.89	0.95
Neutro	No hay problemas de sales	Medio	Normal	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.44 t/m<sup>3</sup>  
%CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.42 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	<7	<100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

  
Ing. Carlos Verde Girbau  
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
UNSM - TARAPOTO  
Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarca cdra 3  
Distrito de Morales  
Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
Telf: 985800927

## Anexo 24: Análisis de laboratorio del suelo tratado con 250 gr de biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023

PROVINCIA: SAN MARTÍN

FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

DISTRITO: MORALES

MUESTRA 7: CON 250 GR/MACETA

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Aci. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>		
1	38.45	45.8	16.7	F Arcilloso	7.12	75.01	4.1	0.1277	14.2	245.1	85.4	17.4	4.02	0.5	0.3	0.1	0.00	100	0.00

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>
7.12	75.01	4.1	0.1277	14.2	245.1	17.4	4.02	0.3	0.1	0.00
Neutro	No hay problemas de sales	Alto	Normal	Alto	Alto	Muy alto	Alto	Bajo	Bajo	—

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.45 t/m<sup>3</sup>  
 %CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.31 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.3
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.3 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias



## Anexo 25: Análisis de laboratorio del suelo tratado con 250 gr de biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
PROVINCIA: SAN MARTÍN  
DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
FECHA DE REPORTE: 01/02/2023


MUESTRA 8: CON 250 GR/MACETA

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Aci. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>		
1	37.65	48.7	19.1	F Arcilloso	7.4	82.17	4.52	0.1288	14.7	245.85	81.9	16.8	4.76	0.4	0.2	0.00	0.00	100	0.00

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>
7.4	82.17	4.52	0.1288	14.7	245.85	16.8	4.76	0.2	0.00	0.00
Neutro	No hay problemas de sales	Alto	Normal	Alto	Alto	Muy alto	Alto	Bajo	---	---

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.44 t/m<sup>3</sup>  
%CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.37 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.3
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.3 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

  
Ing. Carlos Verde Girbau  
Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
UNSM - TARAPOTO  
Facultad de Ciencias Agrarias

Jr. Amorarcá 3  
Distrito de Morales  
Ciudad Universitaria

Email: cverde@unsm.edu.pe  
Tel: 985800927

## Anexo 26: Análisis de laboratorio del suelo tratado con 250 gr de biochar



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUAS Y FOLIARES**



SOLICITANTES: ERIKA REÁTIGUI HIDALGO  
 ANSELMO SHAPIAMA CHASHNAMOTE  
 PROVINCIA: SAN MARTÍN  
 DISTRITO: MORALES

FECHA DE MUESTREO: 16/01/2023  
 FECHA DE REPORTE: 01/02/2023

MUESTRA 9: CON 250 GR/MACETA

N°	Análisis mecánico			Clase Textural	pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	CIC	Cationes Cambiables (meq/100g)						% Sat. Bas.	% Aci. Inter
	% Arena	% Arcilla	% Limo									Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>		
1	38.18	47.9	19.8	F Arcilloso	7.45	87.72	4.67	0.1268	14.8	246.1	98.2	17.1	4.1	0.3	0.3	0.00	0.00	100	0.00

pH	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	% M.O.	% N	P ppm	K ppm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup>
7.45	87.72	4.67	0.1268	14.8	246.1	17.1	4.1	0.3	0.00	0.00
Neutro	No hay problemas de sales	Alto	Normal	Alto	Alto	Muy alto	Alto	Bajo	---	---

Densidad Aparente  $\rightarrow$  1.46 t/m<sup>3</sup>  
 %CaCO<sub>3</sub>  $\rightarrow$  0.41 %

Clasificación del suelo	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Clasificación	% M.O.	ppm P	ppm K	Escala de pH	pH
No hay problemas de sales	<2000	Bajo	< 2	< 7	< 100	Extremadamente ácido	< 4.5
Ligeros problemas de sales	2000 - 4000	Medio	2.0 - 4.0	7.0 - 10.0	100 - 240	Fuertemente ácido	> 4.5 - 5.4
Medios problemas de sales	4000 - 8000	Alto	> 4	> 14	> 240	Moderadamente ácido	> 5.4 - 6.5
Fuerte problemas de sales	8000 - 16000					Neutro	> 6.5 - 7.3
Muy fuertemente salino	> 16000					Moderadamente alcalino	> 7.3 - 8.3
						Fuertemente alcalino	> 8.3

  
 Ing. Carlos Verde Girbau  
 Lab. de Análisis de Suelos y Aguas  
 UNSM - TARAPOTO  
 Facultad de Ciencias Agrarias

**Anexo 27: Extracción de muestras de suelos**



**Anexo 28: Pesado de muestras de suelo**



**Anexo 29:** Residuos vegetales en el horno artesanal de doble tambor



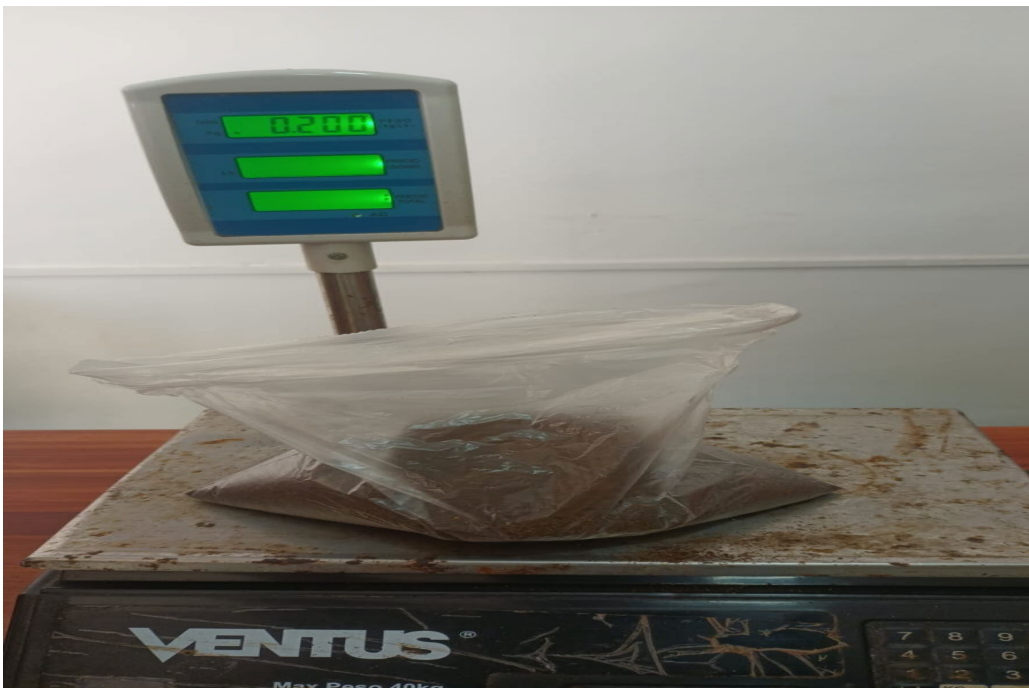
**Anexo 30:** Proceso de secado de la cascara de cacao en el horno



**Anexo 31:** Trituración del carbón de cascara de cacao



**Anexo 32:** Pesado del biochar de cascara de cacao y residuos vegetales



### Anexo 33: Preparación de maceteros



### Anexo 34: Distribución de tratamientos por macetero





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "MEJORAMIENTO DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DE CULTIVOS DE ARROZ MEDIANTE EL USO DEL BIOCHAR EN TARAPOTO, SAN MARTIN 2023", cuyos autores son REATEGUI HIDALGO ERIKA TATIANA, SHAPIAMA CHASHNAMOTE ANSELMO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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, 28 de Febrero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO <b>DNI:</b> 01066653 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3536-881X	Firmado electrónicamente por: JJAVEN el 28-02- 2023 13:05:02

Código documento Trilce: TRI - 0535220