



Universidad César Vallejo

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

Recuperación de Suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas en  
Plántulas de Cacao (*Theobroma Cacao* L), Caynarachi San Martín  
2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Coral Rodríguez, Luis Daniel (orcid.org/0000-0003-2792-4900)

**ASESOR:**

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (orcid.org/0000-0001-7889-7928)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A mis padres y mi pequeña hija, pues ellos son el motivo de que todo lo bueno que me pasa en la vida, por formarme con reglas, consejos de bien y darme esa motivación que necesito para alcanzar mis anhelos

## **Agradecimiento**

A las personas que estuvieron en los días de universitario desde los inicios

A las personas que están en el final, gracias por las enseñanzas, la compañía, la amistad y el apoyo.

A mis padres por todo el amor y el apoyo incondicional que me han brindado.

## 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 .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	16
3.2. Variables y Operacionalización .....	16
3.3. Población, muestra y muestreo.....	18
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos .....	18
3.5. Procedimiento .....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos .....	22
IV. RESULTADOS.....	23
V. DISCUSIÓN .....	44
VI. CONCLUSIONES .....	48
VII. RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS .....	58

## Índice de tablas

<i>Tabla 1: Dosis de aplicación de micorrizas .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 2: Matriz de Operacionalización de Variables .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3: Validación de fichas por expertos.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 4: Características físicas del suelo.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5: Parámetros químicos de las unidades experimentales .....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 6: Parámetros químicos de metales de las unidades experimentales.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 7: Dosis suministradas por cada tratamiento.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 8: Características físicas del suelo pre y post tratamiento.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 9: Análisis de varianza de la materia orgánica .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 10: Características químicas del suelo pre y post tratamiento. ....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 11: Análisis de varianza del pH .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12: Análisis de varianza del nitrógeno.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 13: Análisis de varianza del fosforo.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 14: Análisis de varianza del potasio .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 15: Análisis de metales pesados del suelo pre y post tratamiento .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 16: Análisis de varianza del cadmio .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 17 Análisis de varianza del plomo .....</i>	<i>42</i>

## Índice de figuras

<i>Figura 1: Uso de micorrizas.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2: Plántulas de cacao.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3: Muestreo en Zing - Zang.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4: Mapa de ubicación del experimento.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5: Diseño de las unidades experimentales.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Concentración de plomo en relación con los ECAs para suelos. ....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 7: Concentración de plomo en relación con los ECAs para suelos.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8: Myco Grow usada para plántulas de cacao.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9: Evaluación del tamaño de la planta de cacao.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10: Evaluación del número de hojas de la planta de cacao.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11: Evaluación del tamaño de la raíz de la planta de cacao.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12: Evaluación del largo de la hoja de la planta de cacao.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 13: Evaluación del diámetro del tallo de la planta de cacao.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 14: Comparación de las medias para materia orgánica. ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15: Comparación de las medias para pH.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 16: Comparación de las medias para nitrógeno.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 17: Comparación de las medias para fosforo.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 18: Comparación de las medias para potasio. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 19: Comparación de las medias para cadmio. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 20: Comparación de las medias para plomo. ....</i>	<i>42</i>

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la recuperación de suelos con inoculación de micorrizas benéficas para la obtención de plántulas de Cacao (*Theobroma Cacao L*), Caynarachi San Martín 2022. El tipo fue aplicada, enfoque cuantitativo de diseño experimental. Los 4 tratamientos a niveles de micorrizas (0;40;50;60 gr/Kg de suelo), se planteó bajo el diseño completamente al azar; el análisis para el suelo inicial fue arcilloso con 86%, la materia orgánica en 15.11%, CIC con 38.26, el pH de 7.4, nitrógeno un 12.38, cadmio 78 mg/kg y plomo 1.7 mg/kg. Los resultados después del tratamiento se observaron que no ubo diferencia estadística materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo y potasio; resulto significativo para cadmio T3 0.5 mg/kg y plomo T4 42.67 Mg/kg. Para el desarrollo de las plántulas de cacao se encontró que hubo diferencias significativas para todos los parámetros evaluados, logró un tamaño de plantas de 21,9 cm, número de hojas 6, tamaño de la raíz 12,2 cm, largo de la hoja 12,1 cm y el diámetro del tallo 0,27 cm. Se concluyó que mediante las dosis suministradas de micorrizas se obtuvieron datos significativos en cuanto a la disminución de metales pesados en suelos para el plomo y cadmio respectivamente.

**Palabra clave:** Suelos contaminados, micorrizas benéficas y plántulas de cacao.

## **Abstract**

The objective of this research was to evaluate the recovery of soils with inoculation of beneficial mycorrhizae to obtain cocoa seedlings (*Theobroma Cacao* L), Caynarachi San Martín 2022. The type was applied, a quantitative approach to experimental design. The 4 treatments at mycorrhizal levels (0; 40; 50; 60 gr/Kg of soil), were raised under the completely randomized design; the analysis for the initial soil was clayey with 86%, organic matter in 15.11%, CIC with 38.26, pH of 7.4, nitrogen 12.38, cadmium 78 mg/kg and lead 1.7 mg/kg. The results after the treatment were observed that there was no statistical difference in organic matter, pH, nitrogen, phosphorus and potassium; it was significant for cadmium T3 0.5 mg/kg and lead T4 42.67 Mg/kg. For the development of cocoa seedlings, it was found that there were significant differences for all the parameters evaluated, achieving a plant size of 21.9 cm, number of leaves 6, root size 12.2 cm, leaf length 12.1 cm and the stem diameter 0.27 cm. It was concluded that through the supplied doses of mycorrhizae, significant data were obtained regarding the decrease of heavy metals in soils for lead and cadmium, respectively.

**Keyword:** Contaminated soils, beneficial mycorrhizae and cocoa seedlings

## **I. INTRODUCCIÓN**

La actividad agrícola reciente en todo el mundo ha generado preocupaciones sobre el uso de agroquímicos sin asesoramiento profesional, lo que lleva a cambios ecológicos peligrosos en el medio ambiente y los ecosistemas, principalmente en áreas donde los agricultores no reciben supervisión profesional (Haro, 2022). Los agricultores usan agroquímicos innecesarios para preservar sus cultivos, independientemente de la toxicidad de sus productos, contaminando así los residuos químicos en los cultivos, lo que a su vez afecta el suelo (Del Aguila, 2018).

En el Perú el 85% de agricultores hacen uso de agroquímicos con la finalidad de controlar las plagas, enfermedades y aumentar la producción de los cultivos desarrollados, esto a la vez degradan al suelo y de gran manera reducen la obtención de los cultivos (Palao y Saavedra, 2020). Los productos agroquímicos que estos suelen usar son los fertilizantes, fungicidas, insecticidas y herbicidas que fueron elaborados para el control de patógenos o plagas en cultivos (Pérez et al., 2019). Estos productos son considerados un mecanismo relevante de la agricultura moderna, pero su uso constante causa muchos inconvenientes y afecta a los microorganismos que benefician al suelo; Entre estos se encuentran en los fungicidas que se utilizan con mayor periodicidad que otros tipos de agroquímicos en las regiones tropicales del país (Reyes, 2020).

En la región San Martín desde hace décadas atrás se viene realizando un sin número de cultivos agrícolas, empleando diferentes tipos de agroquímicos que en su momento son esenciales para el crecimiento y producción de los cultivos, pero solo durante la temporada que permanezcan en la zona de influencia estos van causando muchos problemas en la parte superficial del suelo (Castillo y Cenepo, 2022). Si se utilizan ciertos productos químicos para salir de la zona de impacto anterior, como las plantas, no harán su trabajo y pueden convertirse en productos tóxicos y respetuosos con el medio ambiente (Romero, 2019).

Es por ello que uso intensivo de los agroquímicos en cultivos de cacao (*Theobroma Cacao L*) como control de plagas y enfermedades, además de la fertilización estos contaminan los ecosistemas del suelo que son esenciales para la vida por funciones como el mantenimiento de la estructura del suelo, la transformación del carbono y la regulación de materia orgánica (Segura, 2019). Donde además el mal manejo de los agroquímicos también plantea un grave problema al medio ambiente en general, provocando la doble contaminación de

suelos y aguas, así como la exposición a daños irreversibles a la salud humana, de los productores y de su entorno (Vega, 2020).

De acuerdo a la problemática suscitada se dio como iniciativa realizar la presente investigación plantea al uso de las micorrizas benéficas como agentes responsables de la recuperación del suelo contaminado por agroquímicos como procesos microbiológicos que ocurren en el suelo y que se constituyan como parte de la micro y macro flora, mejorando la capacidad de nutricional de los suelos de cultivos, el pH y crecimiento de las plántulas de cacao (*Theobroma Cacao L*).

Asimismo, se formularon los problemas de la investigación, Problema general: ¿Cómo es la recuperación de suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas para la obtención de Plántulas de Cacao (*Theobroma Cacao L*), Caynarachi - San Martín 2022? Seguido de los problemas específicos: ¿Cuáles son las Características físicas, química del suelo del suelo para obtención de Plántulas de Cacao?; ¿Cuáles son las características de las micorrizas para obtención de Plántulas de Cacao?; ¿Cuál es la cantidad optima de inoculación para obtención de Plántulas de Cacao?

La justificación teórica, se realizó una búsqueda de información en función al tema de investigación en la alimentación con teorías asociadas al enriquecimiento de la investigación de la recuperación de suelos contaminado por inoculación de micorrizas. La justificación social, se informó a la población que mediante la inoculación de micorrizas a los suelos degradados se recuperará el esta nutricional del suelo para mejorar su vida, además de optimar el crecimiento de las plántulas de cacao (*Theobroma Cacao L*). La justificación económica que, al usar micorrizas en la recuperación del suelo contaminados, suelen ser más económicos por el uso de agroquímicos por la situación actual de incrementos de precios. La justificación metodológica, Se determinará la dosis efectiva de la inoculación de micorrizas para la recuperación del suelo degradado y mejore la calidad del suelo para el desarrollo de las plantas. La justificación ambiental se disminuirá el uso indiscriminado de agroquímicos mediante la inoculación de micorrizas en base a la recuperación del suelo por ser microorganismos eco amigables con el ambiente.

Seguidamente se determinaron los objetivos de la investigación, para ello el objetivo general: Evaluar la recuperación de suelos con inoculación de micorrizas

benéficas para la obtención de plántulas de Cacao (*Theobroma Cacao L*), Caynarachi San Martín 2022. En cuanto a los objetivos específicos: Identificar las características físicas, química del suelo para obtención de plántulas de cacao; Identificar las características de las micorrizas para obtención de plántulas de cacao; Determinar la cantidad óptima de inoculación para obtención de plántulas de cacao.

Seguidamente se planteó las hipótesis de investigación, en tal sentido la hipótesis general: La recuperación de suelos con inoculación de micorrizas benéficas influyen para la obtención de plántulas de cacao (*Theobroma Cacao L*), Caynarachi San Martín 2022. Por lo tanto, en cuanto a las hipótesis específicas: Las características físicas, química del suelo tienen un efecto positivo para obtención de plántulas de cacao; Las características de las micorrizas poseen un efecto positivo para obtención de plántulas de cacao; La cantidad óptima es de 60 g/Kilo de suelo de inoculación para obtención de plántulas de cacao.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Aggangan et al. (2019), investigaron los efectos de AMF y biocarbón de bambú (BB) en el desarrollo del cacao, el número estimado de esporas de micorrizas y las propiedades químicas del suelo. Las plántulas de cacao se trabajaron en suelo ácido no esterilizado y esterilizado en horno. Después de 1 año y 3 meses, AMF generalmente incremento en gran parte los rasgos de desarrollo de la planta de cacao sobre el control. Como resultado obtuvo que todas las técnicas optimizaron el crecimiento de diámetro y altura de aquellos cultivados en suelo no esterilizado. Concluyendo que biochar y AMF pueden mejorar el crecimiento general y pueden aumentar positivamente el rendimiento de las plantas de cacao.

Akyol et al. (2019), investigó las interacciones entre la inoculación de hongos AM y las comunidades microbianas de raíces autóctonas en campos agrícolas. Utilizaron una secuenciación de alto rendimiento y una tubería analítica que proporciona unidades taxonómicas operativas (OTU) fijas como resultado para investigar las comunidades bacterianas y fúngicas de las raíces tratadas con un hongo AM comercial. Como resultado la inoculación cambió la abundancia de hongos AM autóctonos y otros miembros fúngicos de una manera dependiente del campo. Concluyendo que la inoculación enriqueció constantemente varias UTO bacterianas cambiando la abundancia de bacterias autóctonas e introduciendo nuevas bacterias.

Del Águila et al. (2018), El objetivo de este estudio fue establecer el efecto de 9 grupos de micosis fungoide e inoculación sobre *Coffea arábica*, cultivar Caturra, comparado con un testigo (sin polinización), durante 7 meses de incubación. Una de las actividades económicas agrícolas más importantes es el cultivo del café en la región de San Martín. Una alternativa para aumentar los rendimientos es la aplicación de hongos en las raíces. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), 9 tratamientos y un testigo compuesto por 3 repeticiones (6 plantas/réplica). El origen del hongo proviene de los cafetales de la región San Martín de Perú. Se evaluó el porcentaje de población, la longitud del hongo externo, la altura de la planta, la superficie foliar, la biomasa aeróbica y la biomasa seca de la raíz. Los resultados del estudio demostraron que 3 de los 9 consorcios analizados fueron más efectivos en el desarrollo y crecimiento de las plantas de café.

Dong et al. (2020), se realizó un estudio en maceta para determinar los efectos de *Claroideoglossum etunicatum*, *Diversispora spurca*, *D. versiformis* y una mezcla de las tres especies de AMF en el contenido de azúcar de la hoja. Después de 12 semanas de inoculación con AMF, las plantas micorrizas registraron una biomasa de brotes y un área foliar total significativamente mayores. Concluyendo que implicaron que la inoculación de AMF tuvo efectos positivos en la calidad del alimento de las hojas.

Seguido de Gadomska et al. (2022), determinó la idoneidad de tres cultivares de tomate para crecer en un túnel de plástico calentado y evaluar la influencia de las cepas fúngicas aplicadas a la rizosfera de las plantas de tomate en las concentraciones de minerales seleccionados, en particular P, manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn), en el fruto. Se realizó un experimento bifactorial en 2015-2016. Los tomates se cultivaron en fibra de coco en un túnel de plástico calentado en el Jardín Experimental de la Universidad de Warmia y Mazury en Olsztyn. Tuvo como resultado que las cepas de hongos analizadas contribuyeron a un aumento significativo en las concentraciones de P en frutos de tomate, en comparación con el tratamiento de control. Concluyendo las cepas de hongos micorrízicos pueden aumentar el contenido de fósforo (P) y micronutrientes seleccionados en frutos de tomate.

También Kaba et al. (2020), Proporcionó una descripción general de las investigaciones y desarrollos recientes que han contribuido a las propiedades bioestimulantes de los hongos micorrízicos arbusculares (AMF) y el fertilizante de potasio (K). Identificaron múltiples servicios proporcionados por los fertilizantes AMF y K: aumentar la absorción de nutrientes, activar el nitrato reductasa, regular la fotosíntesis y la conductancia de las estomas, optimizar la eficacia del uso del agua, el crecimiento de las raíces, etc. Por lo tanto, se consuma que hay la necesidad de ejecutar más estudios para evaluar la eficacia del uso de K o AMF o su combinación para desarrollar la resiliencia a la sequía del cacao en la fase de plántula; comprender las dosis de fertilizantes de potasio que mejorarán las características físicas (p. ej., la turgencia de la pared celular, el crecimiento de las raíces) y bioquímicas (p. ej., prolina, poliaminas, enzimáticas) de las plántulas de cacao para aliviar el estrés hídrico.

Según Moreira et al. (2018), evaluó el desarrollo de plantas de café colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares bajo diversas condiciones de humedad del suelo. En este estudio se utilizaron semillas del cultivar de café Catuaí Vermelho IAC 99 y tres inoculantes fúngicos (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglomus etunicatum* y *Dentiscutata heterogama*). Teniendo como resultado que la inoculación con hongos micorrízicos orbiculares y una mayor humedad del suelo aumentaron el crecimiento de las plántulas de café. Se concluye que la colonización de micorrizas fue más alta para plantas en suelos con niveles de humedad cercanos al 75% de la capacidad de campo.

Nasaruddin et al. (2019, p.09), El estudio se realizó en forma experimental, con la finalidad de fijar el efecto de la labranza del suelo y la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el desarrollo de frutos de cacao. El experimento factorial se estableció en base a un patrón de diseño de grupo aleatorio. Los resultados muestran que la interacción entre la labranza del suelo con mantillo orgánico y la inoculación de HMA de 22,5 g planta<sup>-1</sup> produjo el mayor número de semillas por 100 gramos de granos de cacao secos (8% de contenido de humedad). Se concluye que el tratamiento de labranza del suelo con el uso de mantillo orgánico puede aumentar el número de frutos formados, el número de semillas de cacao.

Nasaruddin, et al. (2018), Este estudio tiene como objetivo experimentar la efectividad de las bacterias *Azotobacter chroococcum* y *Arbuscula mycorrhiza* sobre algunas características fisiológicas y el crecimiento de las plántulas de cacao. El estudio se realizó de marzo a octubre de 2015, diseñado bajo la forma de un experimento de dos factores basado en el Diseño de Bloques Aleatorios en una casa pantalla. Los resultados experimentales muestran que la inoculación de *Azotobacter chroococcum* 106 CFU ml<sup>-1</sup> agua árbol<sup>-1</sup> y los hongos micorrízicos arbusculares 6,0 g árbol<sup>-1</sup> dieron como resultado un mayor contenido de clorofila a, b y clorofila foliar total, mayor tasa de absorción de luz, conductancia estomática foliar y mejor crecimiento de las plántulas. Llegando a la conclusión de la efectividad de micorrizas para este tipo de inoculación.

Pereira et al. (2018), el objetivo de esta investigación fue analizar el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA - *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora colombiana* y la mezcla de estos inóculos) y dosis de compost orgánico obtenido a partir de cáscara de cacao (0, 5, 10, 20 y 30 g dm<sup>-3</sup>)

sobre plántulas de guanábana “morada”. El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 bloques en un esquema factorial 5 x 4 (HMA x composta orgánica). Después de 120 días de crecimiento, se observó que la inoculación de HMA aumentó la altura, el diámetro del tallo y la biomasa aérea, radical y seca total. Concluyendo que la inoculación de HMA combinada con composta orgánica incrementó el crecimiento y la nutrición de las plantas de guanábana.

Reyes. (2020), realizaron experimentos en condiciones de incubación para determinar el efecto del hongo en el crecimiento de las plantas de café durante la etapa de incubación. Mediante el diseño de experimentos, las estimaciones se basan en la longitud de la raíz, la altura de las plántulas, la longitud del primer, segundo y tercer par de hojas verdaderas, el peso seco de las raíces y la superficie, el fósforo y la concentración. Los resultados muestran que la inoculación de micorrizas provoca un aumento estadísticamente significativo en la longitud de la raíz, la altura de la planta, el peso seco de las raíces y partes aéreas y la longitud del par de hojas, destacándose el tratamiento de raíces con micorrizas. Conclusiones sobre la efectividad de la inoculación micorrízica en el desarrollo de plantas de café.

Rodríguez et al. (2021), evaluó la presencia de micorrizas eficientes de suelos bajo cultivo de cacao para una posible producción de inóculo a base de micorrizas endógenas. Los suelos fueron recolectados de campos de cacao en cuatro localidades (Dagbabouo, Kibouo, Toroguhue y Zépreguhue) en la zona agroecológica de Daloa, una zona de producción de cacao en Côte d'Ivoire. Los resultados indicaron que se observaron comportamientos agronómicos en maíz (*Z. mays* L.) Los suelos Zepreguhue tienen la eficiencia micorrizal más exitosa. Concluyendo que si se constituyen antecedentes que permitan implementar la tecnología de micorrización para cultivo sostenible de cacao y otros cultivos en Côte d'Ivoire.

Romero. (2019), Determinación del efecto de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre plántulas de Caturra de cultivares de *C. arabica* L. en condiciones de mejoramiento. Se analizaron cuatro procesos: T1 = *Rhizoglosum* intraradices, T2 = *Glomus* sp, T3 = intraradices + *Glomus* sp. T0 = control (sin inoculación de AMF). ANOVA y prueba de Tukey se realizaron en el nivel de significación ( $P < 0,05$ ). Los resultados mostraron que todos los métodos

inoculados con HMA fueron plántulas de café, diámetro de tallo (91,8%), altura de planta (128%), contenido de clorofila (126,3%), biomasa fresca (557,3%), área foliar (417, 417, En 04), se demostró que se obtuvieron excelentes resultados. %) Entregado, Biomasa secada al aire en comparación con los controles (384,6%). Se puede concluir que las semillas de HMA inoculadas tuvieron un efecto benéfico en el crecimiento y crecimiento vegetativo de las plántulas de café.

Sandoval y García. Estudiaron el comportamiento de una cepa cultivada de *Brachiaria decumbens*, en el laboratorio del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Departamento de Ucayali, los parámetros evaluados: tasa de localización de raíces, número de esporas, peso de hojas y raíces, utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con 12 unidades experimentales, 06 vasos cada una, 03 procesadores (T) 04 duplicados cada uno. Teniendo como resultado se consiguió diferencia significativa de ( $P: 0,026 < 0,05$ ) en los 3 tratamientos utilizados. Concluyendo que el uso de *Brachiaria decumbens* mejoraron el desarrollo de la planta (2019, p.20).

Los suelos contaminados por agroquímicos es la acumulación de altas concentraciones de sustancias que afectan negativamente sus componentes y se vuelven tóxicas para los organismos vivos (Anguiby et al., 2020). Esta es una descomposición química que ocasiona la pérdida parcial o total de la fertilidad del suelo (Avila et al., 2020). Los pesticidas incluyen derivados del petróleo, pesticidas, solventes y metales pesados que causan el agotamiento del suelo y no pueden modificarse con fertilizantes químicos (Cortes et al., 2021). La ingestión de metaloides y metales en tierras cultivadas es la mayor fuente de contaminantes vegetales. Los insecticidas afectan la calidad de vida de quienes los consumen a través de la flora y fauna (Aggangan et al., 2019).

Seguidamente se plantearon las bases teóricas referentes al tema de investigación, para ello la recuperación de suelos es el objetivo de la recuperación de suelos contaminados es lograr un nivel aceptable de calidad y salud del suelo, que se entiende como la capacidad del suelo para mantener la calidad ambiental y las funciones de productividad, así como promover la salud de los animales y plantas (Kaba et al., 2020). Los métodos biológicos de mejora del suelo incluyen la eliminación, reducción o transformación de contaminantes mediante el uso de organismos vivos (Castebianco et al., 2018). Por lo tanto, las técnicas de

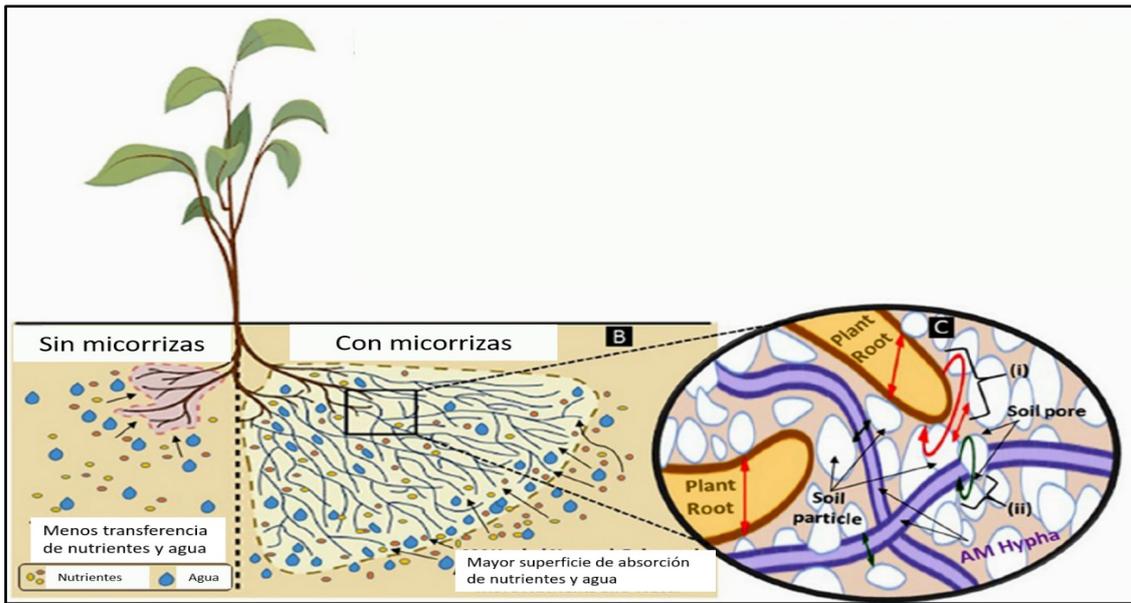
biorrecuperación usan microorganismos o sistemas biológicos para degradar y/o convertir contaminantes en el ambiente a niveles menos tóxicos o por debajo de los límites establecidos como contaminantes, mejorando los procesos de degradación natural y ayudando en su recuperación. (Sociedad Española de la ciencia del Suelo, 2018)

En cuanto a las características física, química y biológica del suelo. Las características físicas como la textura determinan la proporción de granos minerales de diferentes tamaños que se encuentran en el suelo (Metwally et al., 2020). La distribución es cómo las partículas del suelo se juntan para formar agregados (García et al., 2019). La densidad afecta la repartición de suelos más densos que pueden soportar más vegetación (Gujre et al., 2021). La temperatura afecta la distribución de la vegetación, especialmente en las elevaciones más altas. Color: Depende de sus componentes y varía según la cantidad de humedad en el suelo (Paguntalan et al., 2020).

Asimismo, las propiedades químicas como la intercambiabilidad se refieren a la capacidad del suelo para intercambiar arcilla y humus, proporcionando nutrientes a las plantas a través de la absorción de partículas minerales (Haro, 2022). La fertilidad es el total de nutrientes necesarios para las plantas (Karounos, 2020). El pH: La acidez, alcalinidad o neutralidad del suelo. Luego veremos como cambiar el pH del suelo (Pérez et al., 2019).

Además, Características biológicas, hay especies vivas, incluidos animales, como hongos y bacterias (Mikiciuk et al., 2019). Los animales también realizan sus funciones en la tierra, dependiendo de su dieta, actividad y tamaño. (Ndoungue et al., 2018). Las micorrizas son combinaciones simbióticas entre raíces de plantas vasculares y hongos (Osemwegie et al., 2021).

El papel de las micorrizas es fundamental durante todo su período de crecimiento, gracias a los hongos micorrícicos, el crecimiento simbiótico de las plantas va bien y beneficia tanto al hongo como a la planta (Palao y Saavedra, 2020). También, las raíces separan azúcares, ácidos grasos, aminoácidos y otras sustancias orgánicas beneficiosas para el hongo; por otro lado, los hongos transforman los minerales del suelo y la materia en putrefacción en formas que pueden ser asimiladas por las raíces de las plantas (Romero, 2019).



*Figura 1: Uso de micorrizas.*

Fuente: Romero, 2019

Las ectomicorrizas es un hongo forma un manto con sus hifas (hifas microscópicas, ramificadas o no ramificadas, que junto con otras hifas finas forman el cuerpo vegetativo del hongo, el micelio) alrededor de las raíces menos densas, pero no penetran en sus células (Peter et al, 2018). Se desenvuelven en los espacios intercelulares de la corteza de la raíz (Sandoval y García 2019).

Las endomicorrizas es el micelio (las hifas finas que, junto con otras micro filamentos, forman el cuerpo vegetativo del micelio) de estos hongos el que penetra en las células de las raíces (Quecine y Azevedo, 2019). En la molécula, los nutrientes por carbono se intercambian entre los hongos y las raíces. (Sukmasari et al., 2021).

Las características de las micorrizas se definen como asociaciones entre hongos y raíces de ciertas plantas. Son microorganismos muy utilizados en la producción agrícola (Ramírez et al., 2019). Este vínculo está vigente en gran parte de las plantas hoy en día. Se presentan principalmente con hongos microscópicos, pero también hay un gran número de hongos macroscópicos que participan en esta simbiosis (Paguntalan et al., 2020).

La dosis para aplicación en suelos de las micorrizas en los diferentes cultivos son aquellas demostradas en la siguiente tabla.

*Tabla 1: Dosis de aplicación de micorrizas*

<b>Cultivo</b>	<b>Dosis</b>
Cultivos de flores	3 a 5 gramos de Micorriza
Ornamentales: rosas, claveles.	15 a 20 gramos
Frutales en vivero: cacao, aguacate, mango.	20 a 60 gramos por bolsa
Frutales en campo:	150 a 250 gramos por planta
Banano y Plátano	40 gramos por Bolsa
	150 gramos
Tomate y Pimentón	De 40 a 60 gramos
Café	De 5 a 10 gramos
	40 gramos
Mora y Lulo	De 10 a 20 gramos
	De 60 a 80 gramos
Uchuva	10 gramos
	50 gramos
Forestales en vivero.	150 a 250 gramos
Forestales en vivero	20 a 40 gramos por kg de suelo

Fuente: Agro Activo, 2020

Las plántulas de cacao se recomienda cultivar las plántulas de cacao a la sombra para que no le den directamente los rayos del sol y suba la temperatura (Ratiya et al., 2020). Este es un cultivo de zonas tropicales, por lo que no soporta temperaturas inferiores a 21°C. El cacao (*Theobroma cacao L.*), es una especie leñosa tropical popular como la fuente de los granos de cacao, y es considerada una de las plantas perennes más importantes del mundo en términos de valor nutricional y económico. (Metwally et al., 2020).

Estas majestuosas plantas, producen frutos de color, tamaño y forma variable, pero suelen tener forma de baya, de unos 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, de sabor dulce y aroma delicado (Segura, 2019). El contenido de semillas de cada fruto es de 20 a 40 y son planos o redondos, de color blanco, marrón o morado, de sabor amargo o dulce y de buen tamaño. (Kaba et al., 2020).



*Figura 2: Plántulas de cacao*

Fuente: Ramírez et al., 2019

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

#### Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada según (Hernández et al., 2014, p.376. 386), el método utilizado se basa en un enfoque lógico y racional para formular preguntas e hipótesis de investigación para su posterior verificación. Por esta razón, se utilizó un enfoque temático para enriquecer el estudio desde una perspectiva complementaria de recuperación de suelos mediante la inoculación de plántulas de cacao (*Theobroma cacao L*) y Caynarachi San Martín con micorrizas beneficiosas.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, según (Fernández y Díaz, 2002) La investigación cuantitativa busca determinar la fuerza de las asociaciones o correlaciones entre variables, la generalización y objetivación de los resultados por muestras, con el fin de hacer inferencias sobre la población de la que se extraen todas las muestras.

#### Diseño de Investigación

El diseño de investigación que se utilizó fue experimental pura, esto fue para obtener evidencia de esta relación causal al permitir a los investigadores realizar operaciones en variables independientes y observar si las variables dependientes cambian. Por lo tanto, la operación es la misma que cambiar o asignar un valor diferente a la variable independiente (Hernández et al. 2010)

### 3.2. Variables y Operacionalización

**Variable Independiente:** Recuperación de suelos con inoculación de micorrizas benéficas

**Variable Dependiente:** Obtención de plántulas de cacao.

Tabla 2: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<b>Independiente:</b> Recuperación de suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas.	La micorriza es una comunidad entre los hongos y las raíces de las plantas vasculares. Es muy importante en la etapa de desarrollo de la planta. Gracias a las micorrizas, el desarrollo simbiótico de las plantas está totalmente avanzado y beneficia tanto a los hongos como a las plantas (García et al., 2019).	Se realizará la aplicación de micorrizas en diferentes dosis, para determinar la efectividad en el desarrollo de las plántulas de cacao realizado en un vivero.	Características físicas, química del suelo del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color</li> <li>• pH</li> <li>• CE</li> <li>• Plomo</li> <li>• Cadmio</li> <li>• CIC</li> <li>• MO</li> <li>• N, P, K</li> <li>• Textura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mS</li> <li>• %</li> <li>• %</li> </ul>
			Características de las micorrizas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color de colonia</li> <li>• Tamaño de la colina</li> <li>• Volumen</li> <li>• Tipos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cm</li> <li>• cc</li> </ul>
			Cantidad optima de inoculación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 g/kg</li> <li>• 40 g/kg</li> <li>• 50 g/kg</li> <li>• 60 g/kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• g/kg de suelo</li> </ul>
<b>Dependiente:</b> Obtención de Plántulas de Cacao	Estas plantas producen frutos de varios tamaños, colores y formas, pero habitualmente son en forma de bayas, de unos 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, con una carne de sabor dulce y exquisito, tiene un olor agradable (Karounos, 2020).	En un vivero elegido para el lugar de experimentación, se evaluará en estas plántulas la efectividad de las micorrizas para su crecimiento y desarrollo.	Crecimiento de planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño de planta</li> <li>• Número de hojas</li> <li>• Tamaño de raíz</li> <li>• Largo de hoja</li> <li>• Diámetro del tallo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cm</li> <li>• unidades</li> <li>• cm</li> <li>• kg</li> <li>• cm</li> </ul>
			Características físicas, químicas del suelo después del tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color</li> <li>• pH</li> <li>• Plomo</li> <li>• Cadmio</li> <li>• CE</li> <li>• CIC</li> <li>• MO</li> <li>• N, P, K</li> <li>• Textura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• %</li> <li>• dS/m</li> <li>• cmolc/kg</li> <li>• mm</li> </ul>

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** La población estuvo conformada por todos los suelos degradados del distrito de Caynarachi, San Martín.

**Muestra:** Estuvo conformada por 160 kg de suelo degradado en 80 bolsas para siembra de plántulas de cacao (*Theobroma Cacao L*).

**Muestreo:** fue probabilístico. Según (Arias, 2006) el muestreo probabilístico es aquel donde se conoce la probabilidad de cada elemento para integrar la muestra.

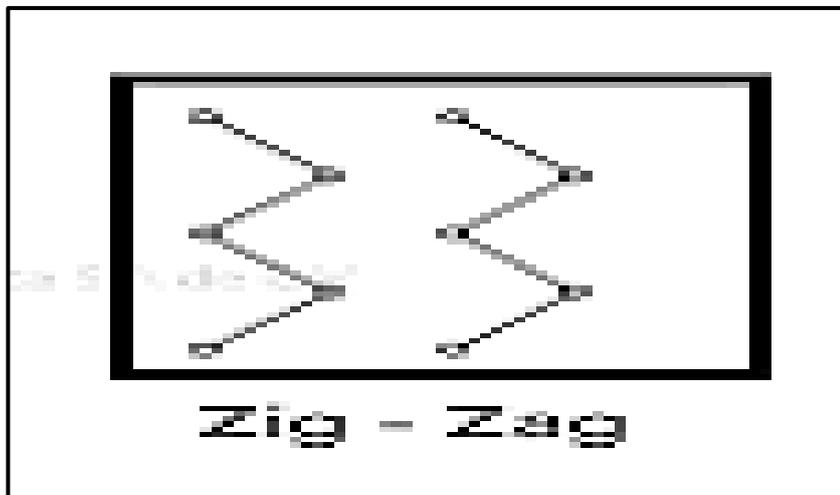


Figura 3: Muestreo en Zing - Zang

**Unidad de análisis:** Estuvo conformada por el suelo degradado.

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

#### Técnicas de recolección de datos

**Observación:** Esta es una técnica que consiste en observar a las personas en una situación particular. Cuando el diseñador necesita actuar como público y participar activamente en el desarrollo del estudio.

**Análisis Documental:** Se basa en el análisis documental operativo intelectual que da como resultado subproductos o documentos secundarios que actúan como herramientas de búsquedas intermedias o esenciales entre el documento original y el usuario que solicita la información.

#### Instrumento de recolección de datos

**Ficha de recolección de datos:** Aquí se plasmó por escrito la información relevante que se encontró en la inoculación de micorrizas benéficas en plántulas de cacao (*Theobroma Cacao L*).

Ficha n°1: Características del suelo degradado. Ver en anexo 2

Ficha n°2: Crecimiento del cacao en función a los tratamientos. Ver en anexo 3.

Ficha n°3: Características del suelo recuperado las que fueron validadas por tres expertos. Ver en anexo 4.

La validez y confiabilidad de los instrumentos fue hecha por tres expertos que los documentos se encuentran en los anexos 2,3 y 4 y el resumen se encuentran en la tabla 3.

*Tabla 3: Validación de fichas por expertos*

<b>Especialista</b>	<b>Ficha 1</b>	<b>Ficha 2</b>	<b>Ficha 2</b>
Juan Julio Ordoñez Gálvez	90	90	90
Karla Luz Mendoza López	90	90	90
Promedio	90	90	90

### 3.5. Procedimiento

#### 3.5.1. Ubicación del experimento



*Figura 4: Mapa de ubicación del experimento*

### **3.5.2. Etapas del procedimiento**

El procedimiento de la investigación estuvo considerado por 2 etapas demostradas en las siguientes:

#### **ETAPA 1: GABINETE INICIAL**

- Se realizó la recopilación de información a base de artículos científicos, tesis y revistas relacionados al tema de investigación.
- Se realizó consultas previas a especialistas ligados al tema de investigación.
- Se prepararon los instrumentos de recolección de todos los datos del momento experimental.
- Se realizó coordinaciones con agricultores del lugar donde se ejecutó el experimento.

#### **ETAPA 2: TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO**

- Reconocimiento del lugar de estudio donde se inocularon las micorrizas en las plántulas de cacao.
- Toma de muestra de suelo degradado antes de la aplicación de las micorrizas que fueron enviados a laboratorio.
- Se realizó el vivero en un área de 2x2m teniendo un total de 4m<sup>2</sup> para las 80 bolsas para la inoculación de micorrizas.
- Las bolsas de inoculación fueron divididas en un diseño bloques conformada por 4 columnas de 5 bolsas, obteniendo 2 kg cada bolsa, considerados como (T1, T2, T3 y T4)

#### **PREPARACIÓN Y COLECCIÓN DEL SUELO**

#### **DISTRIBUCIÓN DEL SUELO EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES (80)**

- El suelo homogenizado se distribuyó en las bolsas que contuvieron 2 kg de suelo cada uno.

#### **SELECCIÓN DE LAS SEMILLAS A SEMBRAR QUE NO TENGAS DEFICIENCIAS EN SUS CARACTERÍSTICAS.**

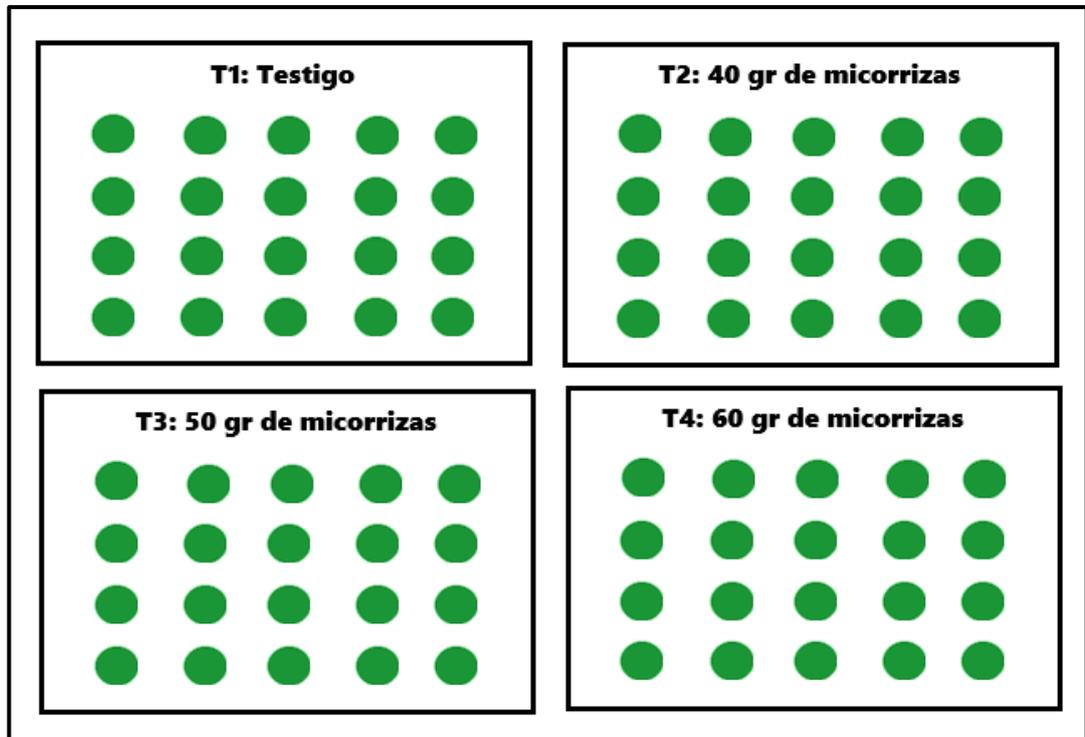
#### **PREPARACIÓN DEL INOCULO DE MICORRIZAS.**

#### **TRATAMIENTOS:**

- T1: Testigo
- T2: Inoculación de 40 gr de micorrizas

- T3: Inoculación de 50 gr de micorrizas
- T4: Inoculación de 60 gr de micorrizas

#### DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES EXPERIMENTALES



*Figura 5: Diseño de las unidades experimentales*

- Se realizó un análisis post tratamiento del suelo en laboratorio acreditado para conocer la recuperación del suelo u sus características físicas, química y biológicas del suelo
- Se realizó la medición del tamaño de cada plántula de cacao.
- Se realizó el conteo del número de hojas.
- Se midió el tamaño de las raíces de cada plántula.
- Se midió el diámetro del tallo de la plántula.
- Se hizo el pesado de la plántula de cacao
- Luego se ordenará toda la información recopilada en el trabajo de campo en las fichas de recolección de información.

### 3.6. Método de análisis de datos

El trabajo de investigación se realizó bajo el diseño estadístico de un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones y 4

unidades experimentales con 2 kg de tierra degradada, las cuales serán sometidas al análisis de varianza (ANOVA) y el análisis también será llevarse a cabo. comparación. hecho. significa a través de Tukey; Esto se realizó utilizando la estadística SAS, además de la elaboración de figuras y tablas utilizando el software Microsoft Excel.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los datos obtenidos serán los reales no sufrirán ninguna variación en la redacción se respetará los derechos de autor en cada cita, también la redacción estará administrada bajo el programa antiplagio turnitin de la universidad Cesar Vallejo.

#### **IV. RESULTADOS**

#### 4.1. Características físicas, química del suelo para obtención de plántulas de cacao.

En la identificación de las características físicas y químicas del suelo se realizó a través de las muestras obtenidas del suelo sin tratamiento y después de los tratamientos de las diferentes dosis de micorrizas, análisis a escala de laboratorio en los que se determinó la recuperación del suelo según cada dosis aplicada a cada tratamiento

Tabla 4: Características físicas del suelo.

Tratamientos	Textura				Color	Materia orgánica (%)	CIC
	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textural			
<b>Pre tratamiento</b>	22	88	52	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	34.12
<b>T1</b>	22	87	52	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	35.75
<b>T2</b>	23	88	54	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	34.98
<b>T3</b>	25	84	53	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	36.42
<b>T4</b>	23	86	52	Arcilloso	Marón rojizo	15.11	38.26

En la tabla 4 en base a los análisis de laboratorio se determinó que, los suelos de uso agrícola de cultivos de cacao de Caynarachi San Martín, presentan una clase textural arcilloso, ya que presentan un porcentaje de Arcilla del 86%. Con un color marrón rojizo de acuerdo con la tabla de colores Munsell establecida para suelos. Además, se determinó una materia orgánica más alta de los sistemas de tratamientos de 15.11% óptima para los cultivos agrícolas según como lo menciona en su artículo de investigación de Julca et al., (2016), Menciona que la materia orgánica óptima para un cultivo abarca desde los 12%. Asimismo, en cuanto al CIC del suelo se identificó que tuvo el dato más alto de 38.26 óptimos Según Catholic

Relief Services, 2017 que Generalmente, los valores de CIC en o sobre 10-20cmolc/kg son mejores para la agricultura.

*Tabla 5: Parámetros químicos de las unidades experimentales*

<b>Tratamientos</b>	<b>pH</b>	<b>Nitrógeno (%)</b>	<b>Fosforo (%)</b>	<b>Potasio (ppm)</b>
<b>Pre tratamiento</b>	6.8	0.8	10.22	280
<b>T1</b>	7.2	0.9	10.72	282
<b>T2</b>	6.8	0.12	11.12	290
<b>T3</b>	6.8	1.9	13.34	288
<b>T4</b>	7.4	12.38	14.85	290

En la tabla 5 de acuerdo a los análisis realizados en laboratorio se determinó que el pH del suelo tratado fue de 7.4 que según la Norma Técnica Chilena 2880 el pH para suelos es de 5.0-8.5. en cuanto a nitrógeno fue de 12.38 que en comparación con la Autoridad de Protección Ambiental (EPA)- Australia mencionan que el nitrógeno óptimo es de 0.8-1.5, asimismo para fosforo se obtuvo un porcentaje de 14.85 que según Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación (FAO) los porcentajes óptimos inician desde 0.1 – 1.0 % y para potasio se determinó el valor más alto de 290 ppm en el sistema de tratamientos que en comparación con la Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación (FAO) van desde 0.3 – 1.0. De tal forma se indica que la aplicación de micorrizas con diferentes dosis en los sistemas de tratamientos mejoró al suelo en cuanto al aumento de nutrientes y disminución de metales y al mismo tiempo al crecimiento de plántulas de cacao en el distrito de Caynarachi San Martín.

Tabla 6: Parámetros químicos de metales de las unidades experimentales

Tratamientos	Plomo (mg/kg)	ECA de plomo para suelo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	ECA de cadmio para suelo (mg/kg)
Pretratamiento	78	70	1.7	1.4
T1	72	70	1.5	1.4
T2	62	70	1.2	1.4
T3	56	70	0.98	1.4
T4	52	70	0.87	1.4

En la tabla 6 se muestran los datos obtenidos de los metales pesados mediante los análisis del suelo para cadmio y plomo en mg/kg del pretratamiento y post tratamiento con las micorrizas a diferentes dosis.

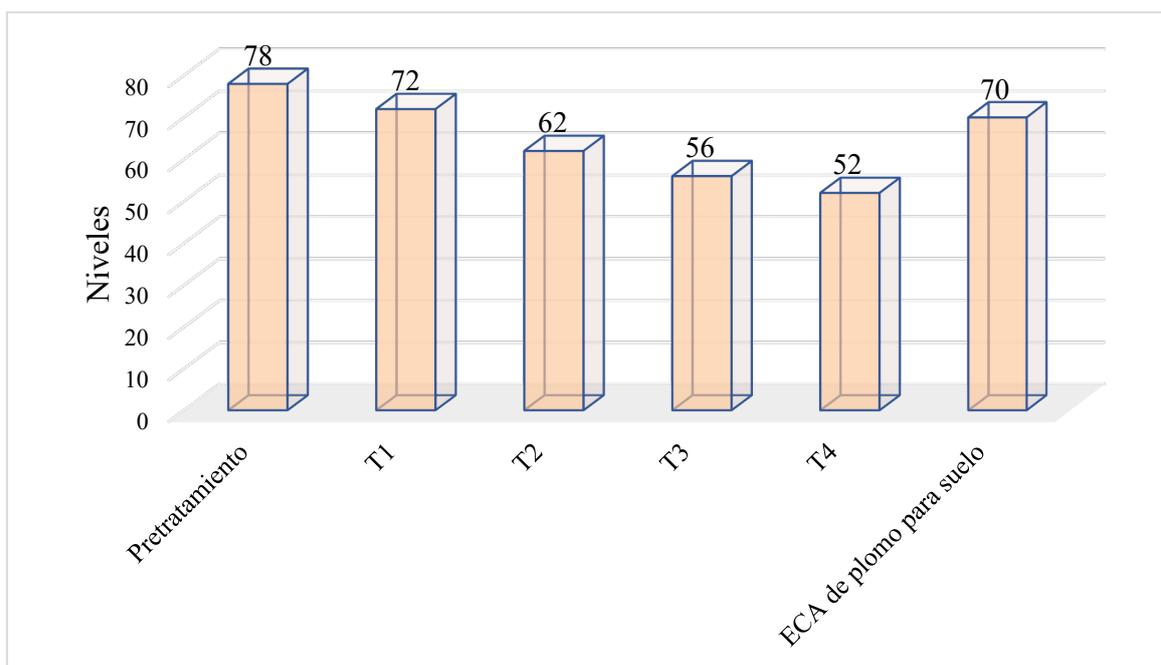
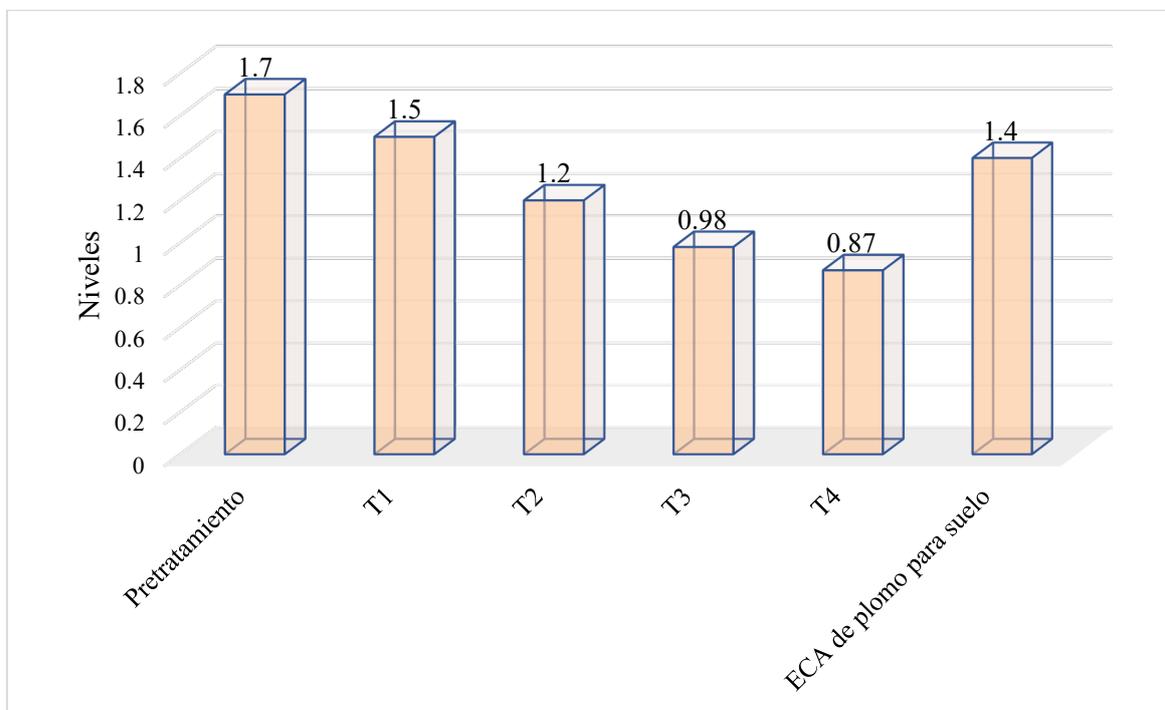


Figura 6: Concentración de plomo en relación con los ECAs para suelos.

En la figura 6, mediante los análisis correspondientes a las muestras de suelo utilizadas en los tratamientos, se determinó la concentración de plomo metálico en el momento inicial y final del tratamiento, obteniendo 78 mg/kg de la muestra inicial, luego de los tratamientos se encontró considerar. Respecto a T1: 72 mg/kg, T2: 62

mg/kg, T3: 56 mg/kg y T4: 52 mg/kg, datos comparados con los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas, que se encontraron por debajo de lo establecido según la ECA, demostrando que el suministro de micorrizas disminuyó las concentraciones de plomo en el suelo.



*Figura 7: Concentración de plomo en relación con los ECAs para suelos*

En la figura 7, mediante los análisis correspondientes a las muestras de suelo utilizadas en los tratamientos, se determinó la concentración de cadmio metálico en el momento inicial y final del tratamiento, obteniendo 1.7 mg/kg de la muestra inicial, luego de los tratamientos se encontró considerar. Respecto a T1: 1.5 mg/kg, T2: 1.2 mg/kg, T3: 0.98 mg/kg y T4: 0.87 mg/kg, datos comparados con los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas, que se encontraron por debajo de lo establecido según la ECA, demostrando que el suministro de micorrizas disminuyó las concentraciones de cadmio en el suelo.

#### **4.2. Características de las micorrizas para obtención de plántulas de cacao.**

Las micorrizas son simbiosis e interconexiones que ocurren entre las raíces de las plantas terrestres y ciertos tipos de hongos del suelo. Descubiertos en 1885, estos han capturado la atención de los expertos con sus relaciones increíblemente efectivas hasta el día de hoy. Se estima que más del 97% de las especies de plantas que se encuentran en la superficie terrestre son micorrizas.

El proceso natural o artificial de poner en contacto raíces en crecimiento activo con ciertos tipos de hongos micorrízicos se denomina micorrización. Esta fusión se realiza mediante un proceso de inoculación utilizando esporas o micelio.

##### **Micorrización en vivero de cacao**

En la micorrización, cuando se produce por inducción manual, siempre se tienen en cuenta varios factores importantes para el éxito de la simbiosis. Entre estos factores, es muy importante conocer la edad y el estado fisiológico tanto de las plantas como de los hongos. Además, se debe evitar la presencia de otras especies de hongos que puedan interferir en la formación de micorrizas. Finalmente, el pH del suelo, agua o nutrientes disponibles se considera un procedimiento natural a seguir antes de continuar con el proceso.

##### **Estos son los distintos tipos de micorrizas:**

**Ectomicorrizas:** Este tipo de micorrizas está formado por dos tipos de hongos: *Basidiomycota* y *Ascomycota*. Tras unirse, desarrollan una gruesa capa de micelio justo encima de la zona cortical de las raíces vegetativas de la planta, formando una especie de red. Por esta razón, también se les llama cortadores. Ejemplos de esta micorriza son muy comunes en bosques y montañas bajas.

**Endomicorrizas:** A diferencia del grupo anterior de este grupo de micorrizas, se caracterizan por no formar una capa fúngica sobre las raíces de las plantas. Los hongos que los producen se caracterizan por la colonización intercelular de la corteza de la raíz. Se dividen en tres variedades:

**Orquídea micorriza:** relacionada con la familia *Orchidaceae*. Estos generalmente forman marañas en las células de la raíz de la planta.

**Eromicorrizas:** Están emparentadas con la familia *Ericaceae* y forman estructuras compactas entre las células fúngicas y las raíces.

**Micorrizas arbusculares:** Se caracterizan por formar una red de arbusculos intracelulares en los que se produce el movimiento de nutrientes.

**Ectendomicorrizas:** este tipo exhibe

doble colonización con raíces fúngicas. Esto significa que forman capas corticales tanto fuera como dentro de la corteza.



*Figura 8: Myco Grow usada para plántulas de cacao*

### **Beneficios:**

- Las micorrizas presentes en MYCO GROW® son especies adaptadas a diferentes tipos de suelo, climas y plantas.
- Incrementa la absorción de nutrientes del suelo.
- Mejora el crecimiento y vigor de las plantas.
- Incrementa la tolerancia a la salinidad, estrés por agua, altas temperaturas, metales pesados, toxinas, acidez del suelo, resistencia frente a organismos patógenos del suelo.

- Incentiva la reproducción de microorganismos del suelo.

**Contiene:**

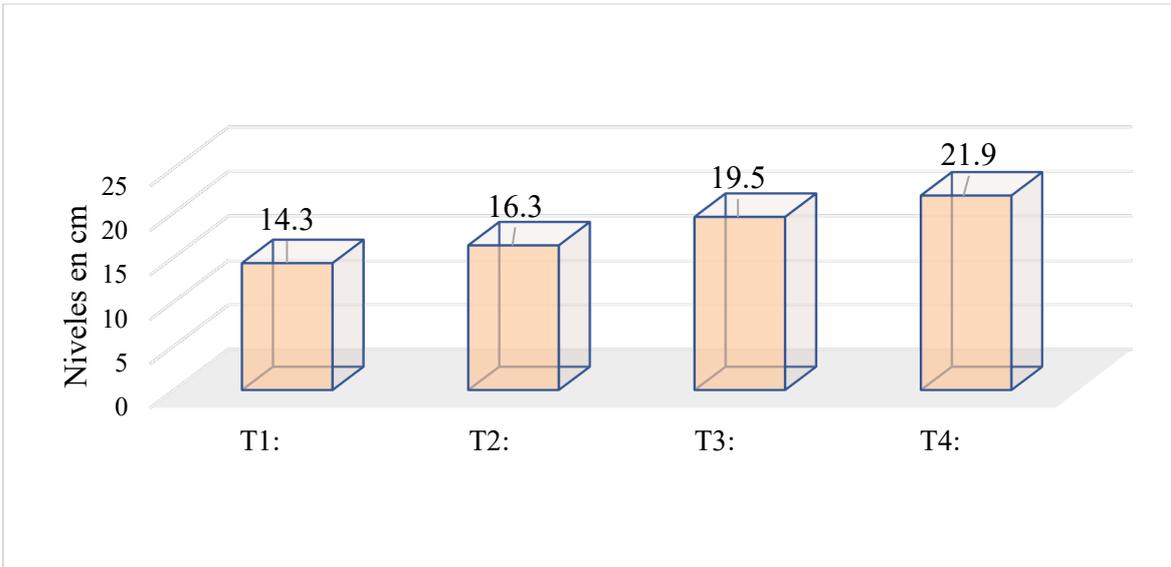
- 3 especies de endomicorrizas: *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*.
- 5 especies de ectomicorrizas: *Pisolithus tinctorius*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma cepa*, *Rhizopogon rubesce*, *Scleroderma Citrine*.
- Enriquecido con ácido húmico derivado de leonardita.

**4.3. Determinar la cantidad optima de inoculación para obtención de plántulas de cacao.**

En los tratamientos instalados se aplicaron diferentes dosis como T1: Suelo sin micorrizas, T2: Suelo con 40gr de micorrizas, T3: Suelo con 50gr. de micorrizas y T4: Suelo con 60gr. de micorrizas. Luego se realizó las evaluaciones a los 2 meses correspondientes a 60 días, el cual se especificaron los datos en la siguiente tabla 7.

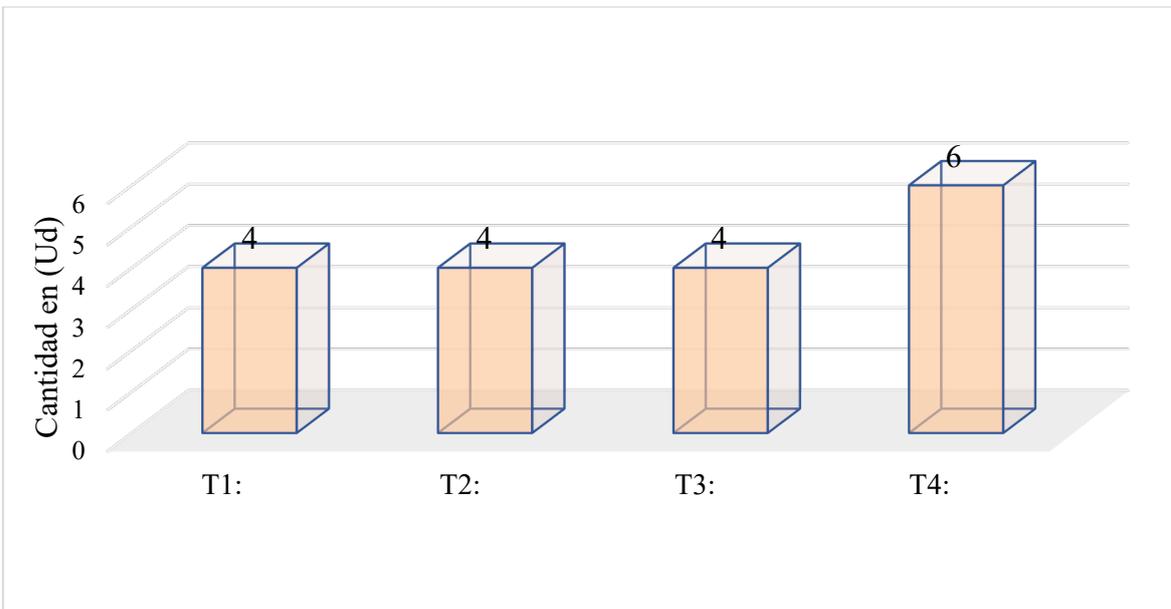
*Tabla 7: Dosis suministradas por cada tratamiento*

<b>Tratamientos</b>	<b>Tamaño de la planta (Cm)</b>	<b>Número de hojas (Ud.)</b>	<b>Tamaño de la raíz (Cm)</b>	<b>Largo de hoja (Cm)</b>	<b>Diámetro del tallo (Cm)</b>
<b>T1:</b> Sin micorrizas	14.3	4	5.4	4.8	0.16
<b>T2:</b> Con 40gr de micorrizas	16.3	4	6.9	6.4	0.17
<b>T3:</b> Con 50gr. de micorrizas	19.5	4	8.2	10.4	0.21
<b>T4:</b> Con 60gr. de micorrizas	21.9	6	12.2	12.1	0.27



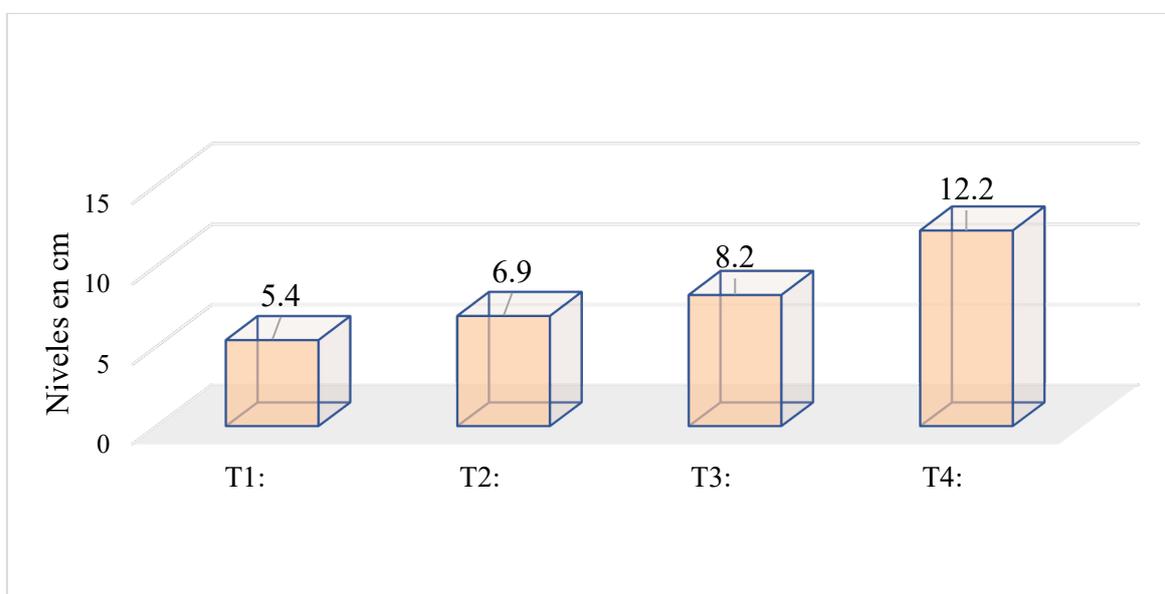
*Figura 9: Evaluación del tamaño de la planta de cacao*

En la figura 9 se establecieron los resultados de la evaluación de la plántula de cacao después de 2 meses de crecimiento y tratamiento con las diferentes dosis establecidas, determinando que para T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 14,3 cm de altura de planta, T2 con 40 gr. de micorrizas se consiguió una altura de planta de 16,3 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 19,5 cm de altura y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 21,9 cm de altura de planta, siendo la mejor dosis el T4 con 60 gr. de micorrizas en la recuperación del suelo sobre el desarrollo de las plántulas de cacao.



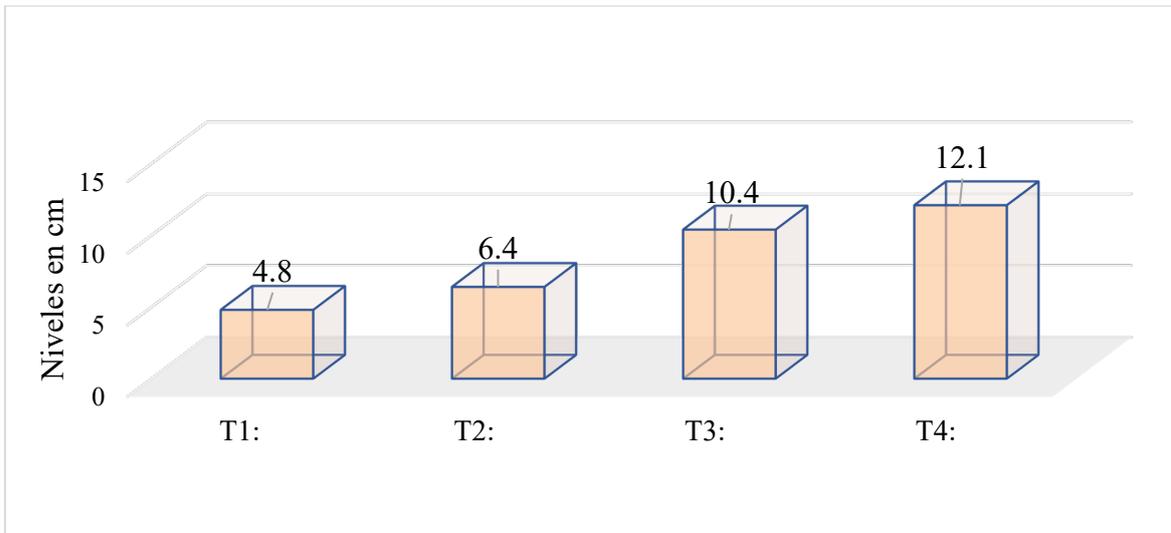
*Figura 10: Evaluación del número de hojas de la planta de cacao*

En la figura 10 se establecieron los resultados de la evaluación de la plántula de cacao a los 2 meses de crecimiento y tratamiento con las diferentes dosis establecidas, determinando el número de hojas de las plántulas de cacao de las 20 plantas por tratamiento promediando los datos. Donde se estableció en T1 sin aplicación de micorrizas obteniendo 4 hojas por planta, T2 con 40 gr. de micorrizas se obtuvieron 4 hojas por planta, T3 con 50 gr. de micorrizas se llegó a 4 hojas por planta y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvieron 6 hojas por planta, siendo el mejor tratamiento con la dosis óptima T4 con 60 gr. de micorrizas en la recuperación del suelo sobre el número de hojas por plántula de cacao.



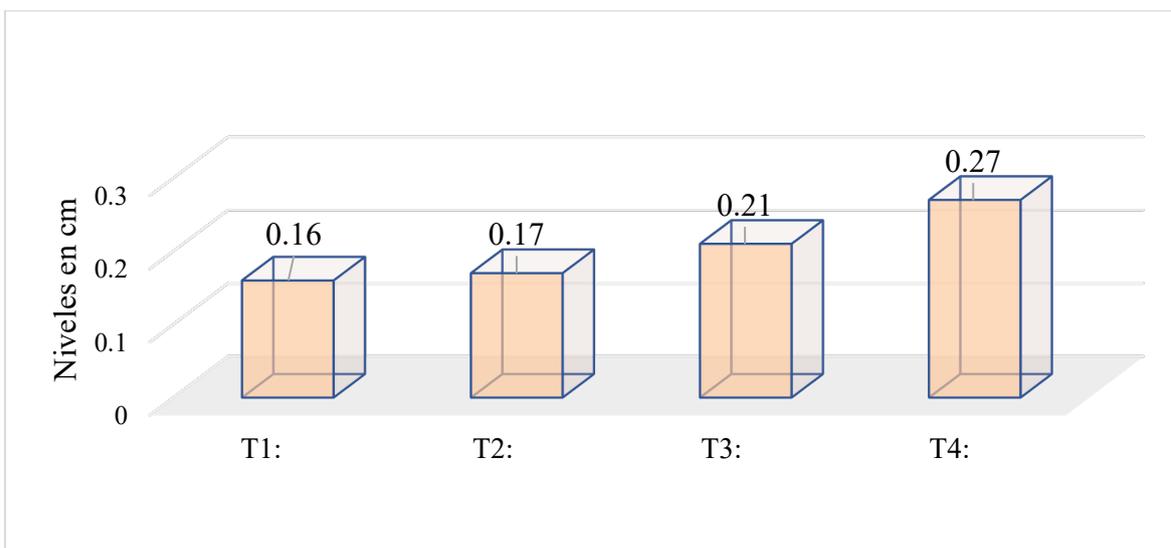
*Figura 11: Evaluación del tamaño de la raíz de la planta de cacao*

En la figura 11 se establecieron los resultados de la evaluación de la plántula de cacao luego de 2 meses de crecimiento y tratamiento con las diferentes dosis establecidas, determinando que para T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 5.4 cm del tamaño de la raíz resultado en promedio de las 20 plantas, T2 con 40 gr. de micorrizas, el tamaño de la raíz de la planta fue de 6,9 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 8.2 cm del tamaño de la raíz de la planta y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 12,2 cm del tamaño de la raíz, siendo la mejor dosis T4 con 60 gr. de micorrizas en la recuperación del suelo sobre el desarrollo de la raíz de la planta, mejorando la parte radicular de las plantas evaluadas.



*Figura 12: Evaluación del largo de la hoja de la planta de cacao.*

En la figura 12 se establecieron los resultados de la evaluación de la plántula de cacao después de 2 meses de crecimiento y tratamiento con las diferentes dosis establecidas, determinando que para T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 4,8 cm de largo de hoja, resultado del promedio de las 20 plantas establecidas por tratamiento, T2 con 40 gr. de micorrizas, la longitud de la hoja de la planta fue de 6,4 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 10,4 cm de longitud de hoja de planta y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 12,1 cm de longitud de hoja, siendo la mejor dosis óptima T4 con 60 gr. de micorrizas en la recuperación de suelos contaminados sobre el desarrollo de las hojas de las plantas, mejorando la parte coposa de las plantas de cacao.



*Figura 13: Evaluación del diámetro del tallo de la planta de cacao*

En la figura 13 se establecieron los resultados de la evaluación de la plántula de cacao luego de 2 meses de crecimiento y tratamiento con las diferentes dosis establecidas, determinando que para T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 0.16 cm del diámetro del tallo de la planta, resultado del promedio de las 20 plantas establecidas por tratamiento, T2 con 40 gr. de micorrizas, el diámetro del tallo de la planta fue de 0,17 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 0.21 cm del diámetro del tallo de la planta y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 0,27 cm del diámetro del tallo de la planta, siendo la mejor dosis óptima T4 con 60 gr. de micorrizas en la recuperación de suelos contaminados sobre el espesor del tallo de las plantas, mejorando la parte leñosa de las plantas de cacao.

#### 4.4. Recuperación de suelos con inoculación de micorrizas benéficas para la obtención de plántulas de Cacao (*Theobroma Cacao* L), Caynarachi San Martín 2022.

Tabla 8: Características físicas del suelo pre y post tratamiento.

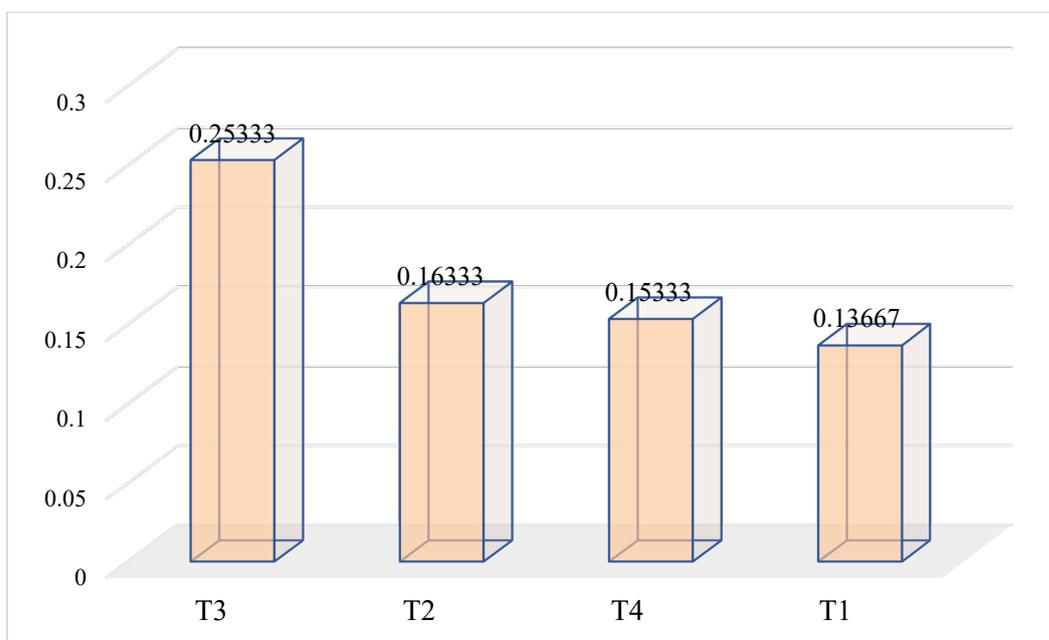
Tratamientos	Textura				Color	Materia orgánica (%)	CIC
	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Clase textual			
<b>Pre tratamiento</b>	22	88	52	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	34.12
<b>T1</b>	22	87	52	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	35.75
	21.8	84	51.7	Arcilloso	Marón rojizo	13.12	34.84
	22.6	84	42.9	Arcilloso	Marón rojizo	13.87	34.51
<b>T2</b>	23	88	54	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	34.98
	23.5	77.5	34	Arcilloso	Marón rojizo	16.50	34.0
	25.8	69.8	48	Arcilloso	Marón rojizo	17.80	28.5
<b>T3</b>	25	84	53	Arcilloso	Marón rojizo	14.18	36.42
	14.8	78.5	28.6	Arcilloso	Marón rojizo	15.80	34.2
	19.2	78.6	39.2	Arcilloso	Marón rojizo	16.30	18.8
<b>T4</b>	23	86.0	52	Arcilloso	Marón rojizo	15.11	38.26
	24.0	75.0	42.0	Arcilloso	Marón rojizo	14.0	24.5
	35.5	81.7	20.5	Arcilloso	Marón rojizo	16.5	36

**Tabla 9: Análisis de varianza de la materia orgánica**

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	0.0246	0.0082	1	0.4415
ERROR	8	0.06566667	0.00820833		
SUMA TOTAL	11	0.09026667			

CV = 51.28%

En la tabla 9 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de materia orgánica en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que no se encontró significancia en base al efecto.



**Figura 14: Comparación de las medias para materia orgánica.**

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 14, para el promedio de la cantidad de materia orgánica en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de materia orgánica fue T3= 0.25333, seguida por los tratamientos T2= 0.16333, T4= 0.15333 y T1= 0.13667 respectivamente, con diferencias relativamente significativas.

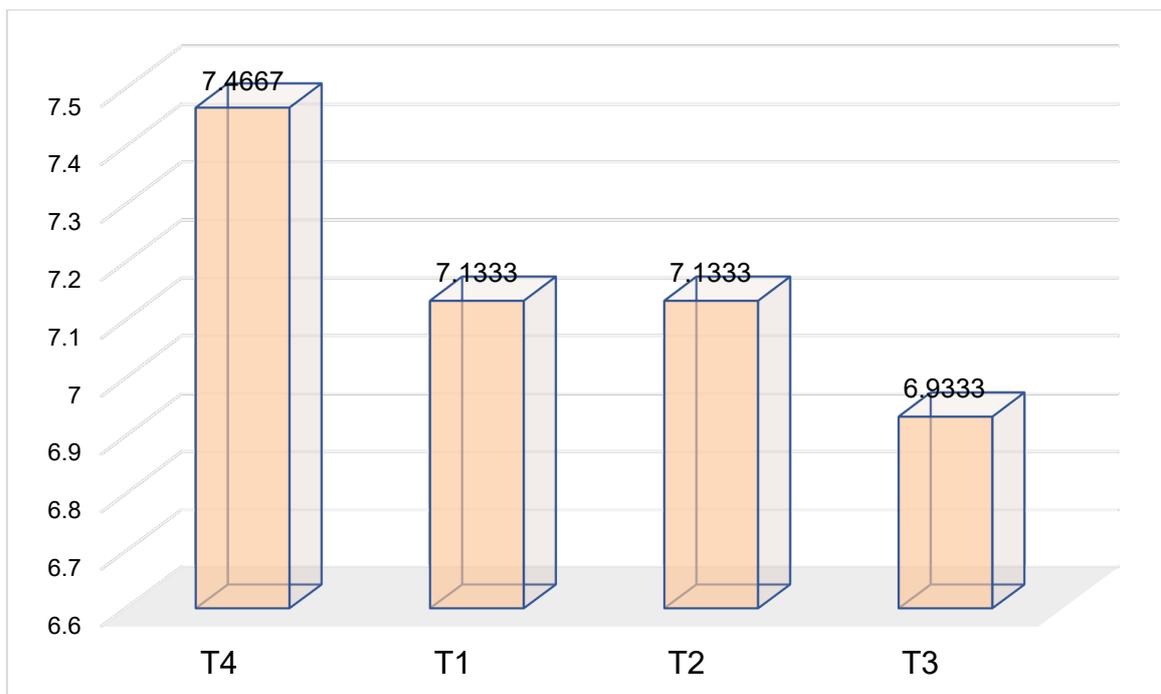
Tabla 10: Características químicas del suelo pre y post tratamiento.

Tratamientos	pH	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (ppm)
<b>Pre tratamiento</b>	6.8	0.8	10.22	280
<b>T1</b>	7.2	0.90	10.72	282
	7.3	1.50	9.52	270
	6.9	2.50	10.63	275
<b>T2</b>	6.8	0.12	11.12	290
	7.5	1.5	10.50	293
	7.1	2.6	10.90	296
<b>T3</b>	6.8	1.90	13.34	288
	7.2	4.8	12.5	282
	6.8	3.5	14.5	299
<b>T4</b>	7.4	12.38	14.85	290
	7.5	9.20	14.3	297
	7.5	10.50	12.5	310

Tabla 11: Análisis de varianza del pH

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	0.44000000	0.14666667	2.63	0.1222
ERROR	8	0.44666667	0.05583333		
SUMA TOTAL	11	0.88666667			

En la tabla 11 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de pH en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que no se encontró significancia en base al efecto.



*Figura 15: Comparación de las medias para pH*

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 15, para el promedio de la cantidad de pH en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de pH fue T4= 7.4667, seguida por los tratamientos T1= 7.1333, T2= 7.1333 y T3= 6.9333 respectivamente, con diferencias relativamente pocas significativas.

*Tabla 12: Análisis de varianza del nitrógeno.*

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	171.4982667	57.1660889	33.32	<.0001
ERROR	8	13.7272000	1.7159000		
SUMA TOTAL	11	185.2254667			

En la tabla 12 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de nitrógeno en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que no se encontró significancia en base al efecto

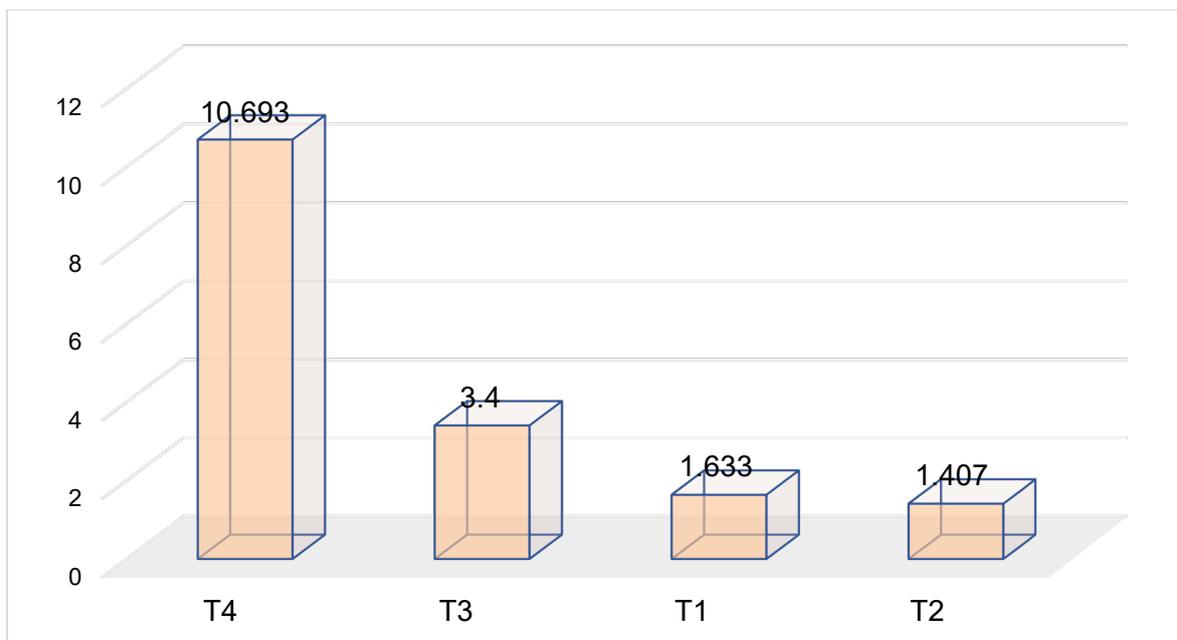


Figura 16: Comparación de las medias para nitrógeno

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 16, para el promedio de la cantidad de nitrógeno en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de nitrógeno fue T4= 10.693, seguida por los tratamientos T3= 3.400, T1= 1.633 y T2= 1.407 respectivamente, con diferencias relativamente pocas significativas.

Tabla 13: Análisis de varianza del fosforo

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	29.56976667	9.85658889	12.86	0.0020
ERROR	8	6.12973333	0.76621667		
SUMA TOTAL	11	35.69950000			

En la tabla 13 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de fosforo en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que no se encontró significancia en base al efecto.

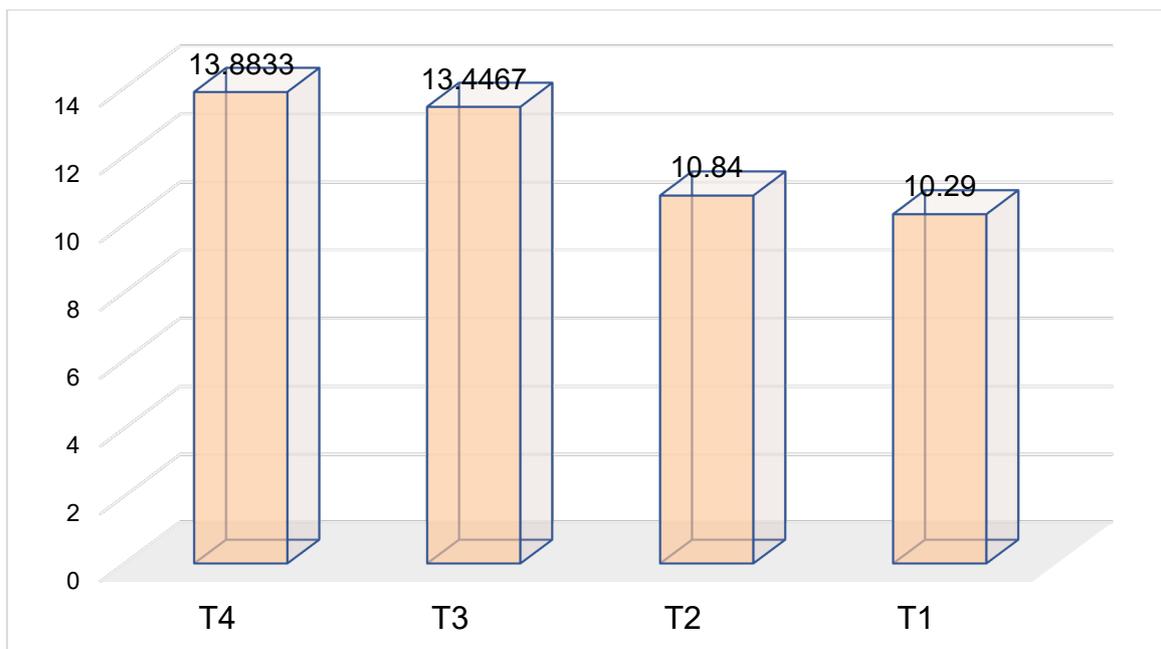


Figura 17: Comparación de las medias para fósforo

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 17, para el promedio de la cantidad de fósforo en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de fósforo fue T4= 13.8833, seguida por los tratamientos T3= 13.4467, T2= 10.8400 y T1= 10.2900 respectivamente, con diferencias relativamente pocas significativas.

Tabla 14: Análisis de varianza del potasio

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	881.333333	293.777778	5.28	0.0267
ERROR	8	445.333333	55.666667		
SUMA TOTAL	11	1326.666667			

En la tabla 14 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de potasio en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que no se encontró significancia en base al efecto.

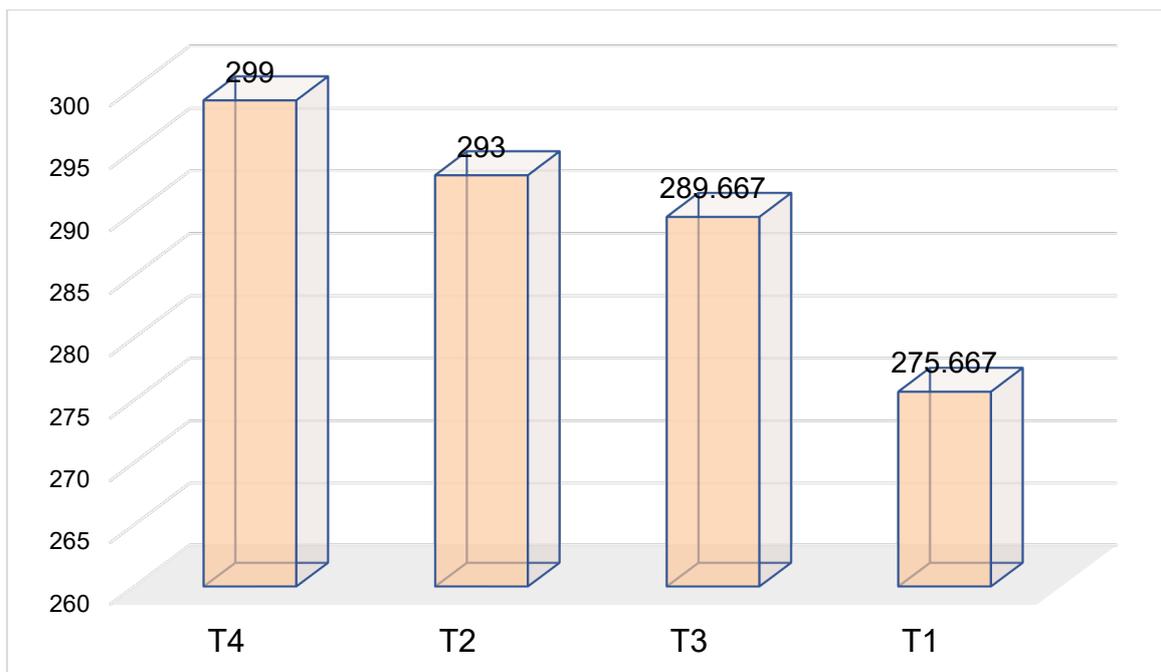


Figura 18: Comparación de las medias para potasio.

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 18, para el promedio de la cantidad de potasio en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de potasio fue T4= 299.000, seguida por los tratamientos T2= 293.000, T3= 289.667 y T1= 275.667 respectivamente, con diferencias relativamente pocas significativas.

Tabla 15: Análisis de metales pesados del suelo pre y post tratamiento

Tratamientos	Plomo (mg/kg)	ECA de plomo para suelo (mg/kg)	Cadmio (mg/kg)	ECA de cadmio para suelo (mg/kg)
Pretratamiento	78	70	1.7	1.4
T1	72	70	1.5	1.4
	71	70	1.4	1.4
	71	70	1.3	1.4
T2	62	70	1.2	1.4
	52	70	1.3	1.4
	48	70	1.4	1.4

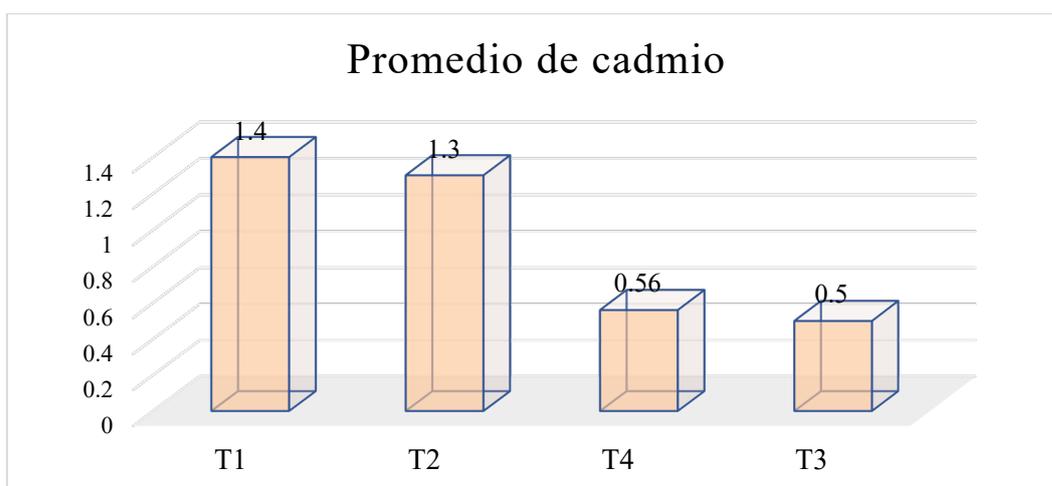
<b>T3</b>	56	70	0.98	1.4
	55	70	0.24	1.4
	48	70	0.28	1.4
<b>T4</b>	52	70	0.87	1.4
	28	70	0.71	1.4
	48	70	0.10	1.4

*Tabla 16: Análisis de varianza del cadmio*

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	2.0376	0.6792	7.58	0.01
ERROR	8	0.7166	0.089575		
SUMA TOTAL	11	2.7542			

CV = 31.83%

En la tabla 16 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de cadmio en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que se encontró significancia en base al efecto por la inoculación de las micorrizas benéficas.



*Figura 19: Comparación de las medias para cadmio.*

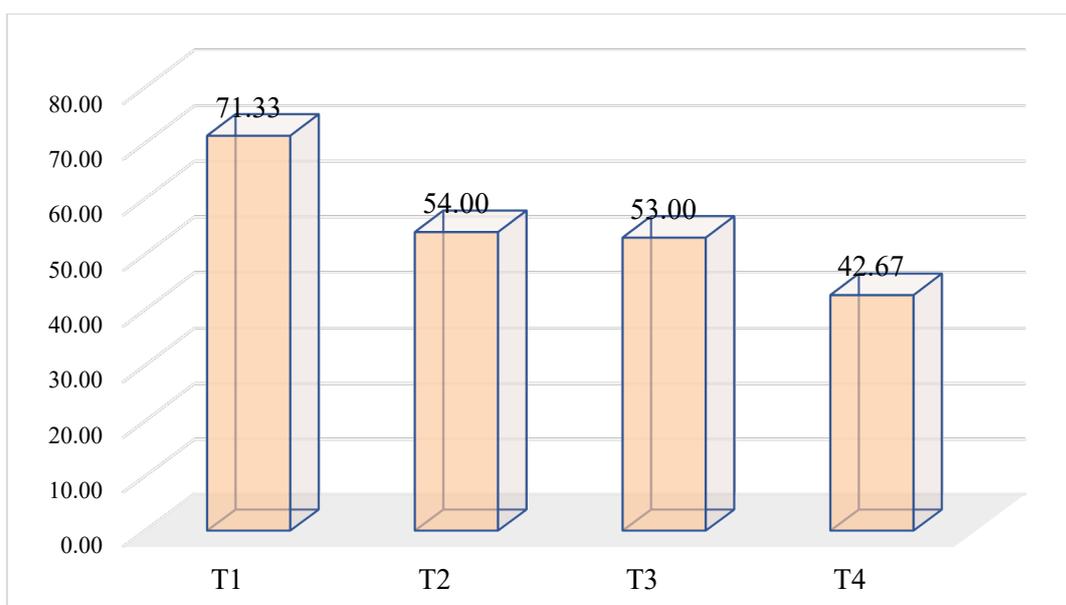
En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 19, para el promedio de la cantidad de cadmio en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de cadmio fue T1= 1.4, seguida por los tratamientos T2= 1.3, T4= 0.56 y T3= 0.5 respectivamente, con diferencias relativamente significativas siendo los mejores el tratamiento T3 y T4 por estar por debajo de los estándares de calidad (ECA) para suelos agrícolas.

*Tabla 17 Análisis de varianza del plomo*

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F VALOR	Pr > F
TRATAMIENTOS	3	1270.916667	423.638889	7.16	0.0118
ERROR	8	473.333333	59.166667		
SUMA TOTAL	11	1744.25			

cv = 13.92%

En la tabla 17 se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la cantidad de plomo en el suelo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados por un periodo de 60 días, posterior a la inoculación con micorrizas benéficas. Mostrando que se encontró significancia en base al efecto por la inoculación de las micorrizas benéficas.



*Figura 20: Comparación de las medias para plomo.*

En el análisis de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), presentadas en la figura 20, para el promedio de la cantidad de plomo en los suelos de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de plomo fue T1= 71.33, seguida por los tratamientos T2= 54.00, T3= 53.00 y T4= 42.67 respectivamente, con diferencias relativamente significativas siendo los mejores el tratamiento T2, T3 y T4 por estar por debajo de los estándares de calidad (ECA) para suelos agrícolas.

## **V. DISCUSIÓN**

Mediante el desarrollo de la investigación en la recuperación de los suelos contaminados por elementos metálicos se determinaron las características físicas, química del suelo mediante los análisis correspondientes en base al desarrollo de las plántulas de cacao. Para ello en respuesta al primer objetivo específico se conoció que las muestras de suelo analizadas presentan una clase textural arcilloso, ya que presentan un porcentaje de Arcilla del 86%. Con un color marrón rojizo de acuerdo con la tabla de colores Munsell establecida para suelos. Además, se determinó una materia orgánica más alta de los sistemas de tratamientos de 15.11% óptima para los cultivos agrícolas según como lo menciona en su artículo de investigación de Julca et al., (2016), Menciona que la materia orgánica óptima para un cultivo abarca desde los 12%. Asimismo, en cuanto al CIC del suelo se identificó que tuvo el dato más alto de 38.26 óptimos Según Catholic Relief Services, 2017 que generalmente, los valores de CIC están sobre 10-20cmolc/kg son mejores para la agricultura. Además, se determinó que el pH del suelo tratado fue de 7.4 que según la Norma Técnica Chilena 2880 el pH para suelos es de 5.0-8.5. en cuanto a nitrógeno fue de 12.38 que en comparación con la Autoridad de Protección Ambiental (EPA)- Australia mencionan que el nitrógeno óptimo es de 0.8-1.5, asimismo para fósforo se obtuvo un porcentaje de 14.85 que según Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) los porcentajes óptimos inician desde 0.1 – 1.0 % y para potasio se determinó el valor más alto de 290 ppm en el sistema de tratamientos que en comparación con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) van desde 0.3 – 1.0. De tal forma se indica que la aplicación de micorrizas con diferentes dosis en los sistemas de tratamientos mejoró al suelo en cuanto al aumento de nutrientes y disminución de metales. En cuanto a los metales pesados se determinó un 78 mg/kg de la muestra inicial, luego de los tratamientos se encontró considerar. Respecto a T1: 72 mg/kg, T2: 62 mg/kg, T3: 56 mg/kg y T4: 52 mg/kg, datos comparados con los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas, que se encontraron por debajo de lo establecido según la ECA; al igual que para cadmio se obtuvo 1.7 mg/kg de la muestra inicial, luego de los tratamientos se encontró considerar. Respecto a T1: 1.5 mg/kg, T2: 1.2 mg/kg, T3: 0.98 mg/kg y T4: 0.87 mg/kg, datos comparados con los estándares de calidad ambiental para suelos agrícolas, que se encontraron por debajo de lo establecido según la ECA,

demostrando que el suministro de micorrizas disminuyó las concentraciones de plomo y cadmio en el suelo.

A continuación, se determinarán las propiedades de las plántulas de cacao alimentadas con micorrizas con respecto a un segundo específico. Esto significa que forman capas corticales tanto fuera como dentro de la corteza. Cinco tipos de ectomicorrizas: *Pisolithus tinctorius*, *Suillusgranatus*, *Scleroderma cepa*, *Rhizopogon rubescens*, *Scleroderma citrinum*. Rico en ácido húmico derivado de la leonardita. ¿Cuáles son los beneficios de las micorrizas en MYCO GROW®? Son especies adaptadas a diferentes tipos de suelos, climas y plantas. Crecimiento de microorganismos del suelo. en comparación con su estudio de Moreira et al. (2018) estudiaron el desarrollo de plantas de café colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares bajo diferentes condiciones de humedad del suelo. Se utilizaron semillas del cultivar de café Catuaí Vermelho IAC 99 y tres vacunas fúngicas (*Rhizophagus clarus*, *Claroideoglossum etunicatum* y *Dentiscutata heterogama*).

Seguidamente en cuanto al tercer objetivo específico de la cantidad óptima de micorrizas para obtención de plántulas de cacao mediante la administración en los tratamientos en cuanto al T1: Suelo sin micorrizas, T2: Suelo con 40gr de micorrizas, T3: Suelo con 50gr. de micorrizas y T4: Suelo con 60gr. de micorrizas. Se logró determinar el tamaño de las plantas para el T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 14,3 cm, T2 con 40 gr. de micorrizas se consiguió una altura de planta de 16,3 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 19,5 cm, T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 21,9 cm de altura de planta, siendo la mejor dosis el T4 con 60 gr. Seguidamente para el número de hojas en cuanto al T1 sin aplicación de micorrizas obteniendo 4 hojas por planta, T2 con 40 gr. de micorrizas se obtuvieron 4 hojas por planta, T3 con 50 gr. de micorrizas se llegó a 4 hojas por planta y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvieron 6 hojas por planta, siendo el mejor tratamiento con la dosis óptima T4 con 60 gr. Además, en cuanto al tamaño de la raíz para el T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 5.4 cm, T2 con 40 gr. de micorrizas, el tamaño de la raíz de la planta fue de 6,9 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 8.2 cm y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 12,2 cm, siendo la mejor dosis T4 con 60 gr. Seguidamente al largo de la hoja para el tratamiento T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 4,8

cm, T2 con 40 gr. de micorrizas, la longitud de la hoja de la planta fue de 6,4 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 10,4 cm y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 12,1 cm de longitud de hoja, siendo la mejor dosis óptima T4 con 60 gr y en referencia al diámetro del tallo de la plántulas de cacao en el T1 sin aplicación de micorrizas se obtuvo 0.16 cm, T2 con 40 gr. de micorrizas, el diámetro del tallo de la planta fue de 0,17 cm, T3 con 50 gr. de micorrizas se alcanzó 0.21 cm y en cuanto al tratamiento T4 con 60 gr. de micorrizas se obtuvo 0,27 cm del diámetro del tallo de la planta, siendo la mejor dosis óptima T4 con 60 gr. de micorrizas en la recuperación de suelos contaminados sobre el espesor del tallo de las plantas, mejorando la parte leñosa de las plantas de cacao. Al comparar con su investigación Romero. (2019), evaluaron el efecto de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre plántulas de Caturra de cultivares de *C. arábica* L. en condiciones de mejoramiento. Donde analizaron cuatro procesos: T1 = *Rhizoglyphus intraradices*, T2 = *Glomus* sp, T3 = intraradices + *Glomus* sp. T0 = control (sin inoculación de AMF). tuvieron resultados que todos los métodos inoculados con HMA fueron plántulas de café, diámetro de tallo (91,8%), altura de planta (128%), contenido de clorofila (126,3%), biomasa fresca (557,3%), área foliar (417, 417, En 04), se demostró que se obtuvieron excelentes resultados en los % Entregado, Biomasa secada al aire en comparación con los controles (384,6%). que al igual que la investigación se logró tener resultados favorables con las dosis suministradas.

## **VI. CONCLUSIONES**

Mediante los análisis realizados a los suelos usados en los tratamientos se determinaron las características físicas, química del suelo para obtención de plántulas de cacao; donde se consideró un suelo arcilloso con un porcentaje de 86%, materia orgánica en 15.11%, CIC con 38.26, el pH del suelo fue de 7.4, Nitrógeno se tuvo un 12.38, y los metales pesados en cuanto al cadmio fue de 78 mg/kg inicial, T1: 72 mg/kg, T2: 62 mg/kg, T3: 56 mg/kg y T4: 52 mg/kg para cadmio y para plomo un 1.7 mg/kg de la muestra inicial, luego del T1: 1.5 mg/kg, T2: 1.2 mg/kg, T3: 0.98 mg/kg y T4: 0.87 mg/kg datos obtenidos de los análisis inicial y postratamiento.

Mediante los análisis bibliográficos se identificaron las características de las micorrizas que presentaron una colonización dual de los hongos con las raíces con 5 especies de ectomicorrizas: *Pisolithus tinctorius*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma cepa*, *Rhizopogon rubesce*, *Scleroderma Citrine* que enriquecieron el ácido húmico derivado de leonardita que fueron aplicadas en las plántulas de cacao.

Mediante los tratamientos se establecieron las cantidades óptimas de inoculación de las micorrizas en un sistema de tratamiento acondicionado en T1: Suelo sin micorrizas, T2: Suelo con 40gr de micorrizas, T3: Suelo con 50gr. de micorrizas y T4: Suelo con 60gr. de micorrizas logrando los mejores resultados con la dosis de 60gr. de micorrizas en cuanto al tamaño de las plantas de 21,9 cm, número de hojas de 6 por planta, tamaño de la raíz de 12,2 cm, largo de la hoja de 12,1 cm y el diámetro del tallo se obtuvo 0,27 cm del diámetro del tallo de la planta resultados favorables a la dosis suministrada de 60gr. de micorrizas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Desarrollar mayores trabajos utilizando solo micorrizas en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados provenientes de actividades antrópicas, pues se han demostrado que las micorrizas son demasiado eficaces en los tratamientos de los suelos afectados por metales ya mencionados.

Desarrollar los trabajos de investigación usando otros tipos de hongos micorrizas por tener alto porcentaje en reducir las concentraciones de metales pesados y de alguna u otra manera alimentar a las investigaciones con otros porcentajes ya establecidos por diferentes autores

Seguir realizando trabajos de recuperación de suelos contaminados por metales pesados con el uso de hongos micorrizas por mantener cantidad optima de inoculación y obtener los mejores porcentajes de remoción de los contaminantes depositados en los suelos.

## REFERENCIAS

- AGGANGAN, Nelly et al. Growth response of the cocoa plant (*Theobroma cacao* L.) affected by bamboo biochar and arbuscular mycorrhizal fungi in sterilized and non-sterilized soil [En línea] *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* – volume 22, November 2019 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101347>
- AKYOL, Turgut et al. Impact of Introduction of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Root Microbial Community in Agricultural Fields [En línea] *Microbes and Environments*, 2019 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1264/jsme2.ME18109>
- ANGUIBY, B. et al. Supply of Compost and Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Enhancing Quality of *Ceiba pentandra* (Kapok Tree) Seedlings. [En línea] *International Journal of Plant & Soil Science* 32(9): 72-85, 2020 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: DOI: 10.9734/IJPSS/2020/v32i930329
- AVILA, Catherine et al. Soil Quality Indicators Associated With The Application Of Mycorrhizal Fungi In Coffee Plantations [En línea] *Ingeniería Solidaria* – volume 16, 2020 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2020.03.05>
- CASTEBLANCO, Javier et al. Heavy Metals Remediation With Potential Application In Cocoa Cultivation. [En línea] *life sciences*, 2018 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>
- CORTES, Angelbert et al. Taxonomic Microbiome Profiling and Abundance Patterns in the Cacao (*Theobroma cacao* L.) Rhizosphere Treated with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Bamboo Biochar. [En línea] *Philipp Agric Scientist* vol 104 No. 1, 19-33, 2021 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022]
- DEL AGUILA, Karen et al. Inoculación de Consorcios Micorrícicos Arbusculares en *Coffea arabica*, Variedad Caturra en la Región San Martín [En línea] *Información Tecnológica* - volume29, febrero 2018 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000100137>
- DJOCGOUE, Pierre et al. Influence of *Gigaspora margarita* and *Acaulospora tuberculata* on tolerance to *Phytophthora megakarya* in *Theobroma cacao*

- under plant nursery conditions. [En línea] International Journal of Advance Agricultural Resecrch, 2019 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: [doi.org/10.33500/ijaar.2019.07.003](https://doi.org/10.33500/ijaar.2019.07.003)
- DONG, Ya et al. Arbuscular Mycorrhiza Improves Leaf Food Quality of Tea Plants [En línea] Repositorio Dspace [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12603/197>
- GADOMSKA, Joanna et al. The Effect of Mycorrhizal Fungal Strains on the Concentrations of Phosphorus and Selected Micronutrients in Tomato Fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [En línea] Polish Journal of Environmental Studies – volume 2, 2022 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.15244/pjoes/141860>
- GARCÍA, Inés et al. Manufacturing and Quality Control of Inoculants from the Paradigm of Circular Agriculture. [En línea] Microbial Interventions in Agriculture and Environment pp 37–74, 2019 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8383-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8383-0_2)
- GUJRE, Nihal et al. Sustainable improvement of soil health utilizing biochar and arbuscular mycorrhizal fungi: A review. [En línea] Environmental Pollution volume 268, 2021 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115549>
- HARO, Nancy. Evaluación Del Efecto Nutricional De Las Micorrizas Y Boro En El Rendimiento Del Cultivo De Cacao. Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, 2022 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/HARO%20MONTTOYA%20NANCY%20EUGENIA.pdf>
- KABA, James et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and potassium fertilizer as plant biostimulants and alternative research for enhancing plants adaptation to drought stress: Opportunities for enhancing drought tolerance in cocoa (*Theobroma cacao* L.) [En línea] Sustainable Environment – volume 7, 26 July 2020 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/27658511.2021.1963927>
- KAROUNOS, Christopher. Improving Cacao Based Reforestation through Whole Soil Microbial Inoculation. [En línea] A thesis submitted in partial fulfillment of the

- requirements for the degree of Master of Science (Conservation Ecology and Environmental Informatics) School for Environment and Sustainability University of Michigan, Ann Arbor August 2020 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: [https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/163660/Karounos\\_Christopher\\_Masters\\_Thesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/163660/Karounos_Christopher_Masters_Thesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- KILOWASID et al. The use of soil biostructures created by soil fauna ecosystem engineers fed with different organic materials as inoculum source of arbuscular mycorrhiza fungi on cocoa seedling [En línea] Lecturer in Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Halu Oleo University – volume 18 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: <https://dx.doi.org/10.20961/stjssa.v18i2.51500>
- METWALLY, Rabab et al. Arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma viride* cooperative effect on biochemical, mineral content, and protein pattern of onion plants [En línea] Journal of Basic Microbiology - volume 3, 2020 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jobm.202000087>
- MIKICIUK, M. et al. Physiological Response of Three Grapevine Cultivars Grown in North-Western Poland to Mycorrhizal Fungi. [En línea] South African Journal of Enology and Viticulture, vol 40, 2019 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <http://www.scielo.org.za/pdf/sajev/v40n1/08.pdf>
- MOREIRA, Samuel et al. Inoculation with mycorrhizal fungi on the growth and tolerance to water deficit of coffee plants [En línea] Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental – volume 11, November 2018 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n11p747-752>
- NASARUDDIN, et al. Effectiveness of soil tillage and Arbuscular Mycorrhizal (AM) fungi inoculation on fruit development of the cocoa plant (*Theobroma cacao* L.) [En línea] IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – volume 486, 2 September 2019 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: [doi:10.1088/1755-1315/486/1/012118](https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012118)
- NDOUNGUE, M. et al. The impact of soil treatments on black pod rot (caused by *Phytophthora megakarya*) of cacao in Cameroon. [En línea] Biological Control

- volume 123, Pages 9-17- 2018 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022]  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.04.016>
- OSEMWEGIE, Osarenkhoe et al. Arbuscular Mycorrhizae: Under-Tapped Potential Benefits and Perspective on Africa. [En línea] OnLine Journal of Biological Sciences, 2021 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: DOI: 10.3844/ojbsci.2021.12.25
- PADJUNG et al. Growth and development of *Theobroma cacao* seedlings as a response to different dosages of vermicompost and arbuscular mycorrhizal fungi [En línea] IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – volume 343, 2019 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: 10.1088/1755-1315/343/1/012017
- PAGUNTALAN, Diana et al. Cacao – Arbuscular Mycorrhizal Fungi Association: A Review on Its Increased Potential in Improving the Ecology of Cacao Plantations in the Philippines [En línea] Philippine Journal of Science – volume 149 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: [https://philjournalsci.dost.gov.ph/images/pdf/pjs\\_pdf/vol149no3a/cacao\\_arbuscular\\_mycorrhizal\\_fungi\\_.pdf](https://philjournalsci.dost.gov.ph/images/pdf/pjs_pdf/vol149no3a/cacao_arbuscular_mycorrhizal_fungi_.pdf)  
ISSN: 0031 – 7683
- PALAO & SAAVEDRA. Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares para recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir. Universidad Cesar Vallejo, Tesis Para Obtener El Título Profesional De: Ingeniero Ambiental, 2020. [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63801>
- PEREIRA, Rafaela et al. Inoculation with arbuscular micorrizhal fungi and organic compost from cocoa shell positively influence the growth and mineral nutrition of soursop plants (*Annona muricata* L.) [En línea] Revista Brasileira de Fruticultura – volume 40, 2018 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0100-29452018024>
- PEREZ, Urley et al. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) as a strategy to reduce the absorption of cadmium in cocoa (*Theobroma cacao*) plants [En línea] Scientific Papers – volume 37, 2019 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.479>

- PETER, Samuel et al. Effects of Watering Regime and Mycorrhizal Inoculation on Seedling Growth and Drought Tolerant Traits of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Varieties [En línea] International Journal of Horticulture, vol. 8, No. 13, 2018 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: doi: 10.5376/ijh.2018.08.0013
- QUECINE & AZEVEDO. Biodiversity and Biotechnological Applications of Microorganisms Associated with Tropical Plants. [En línea] Microbiome in Plant Health and Disease pp 293–313, 2019 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8495-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8495-0_13)
- RAMÍREZ, Karina et al. Chemical and microbiological indicators of the soil under application of efficient microorganisms in cocoa plantation (*Theobroma cacao* L.). [En línea] RIIARn vol.6 no.2 La Paz, 2019 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v6n2/v6n2\\_a04.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v6n2/v6n2_a04.pdf)
- REYES. Efecto de la inoculación de micorrizas en el desarrollo de plantas de café en etapa de vivero en San Martín de Pangoa – Satipo, 2020 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/>
- RATIYA, Nurhalisyah et al. Role of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings growth. [En línea] KHON KAEN AGR. J. 48 (4): 923-932 (2020) [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: doi:10.14456/kaj.2020.84.
- RIDWAN et al. Effectivity of *Azotobacter chroococcum* and arbuscular mycorrhiza fungi on physiological characteristics and growth of cocoa seedlings [En línea] IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – volume 157. 25 October 2017 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: 10.1088/1755-1315/157/1/012014
- RODRIGUEZ, et al. Evaluation of mycorrhizal efficiency of soils under cocoa farming by measuring the impact of inoculation on maize growth [En línea] International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research – volume 9 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: [doi.org/10.33500/ijambr.2021.09.009](https://doi.org/10.33500/ijambr.2021.09.009)  
ISSN: 2053 – 1818

- ROMERO, Gabriel. Efecto de especies de Hongos Micorrízicos Arbusculares en plántulas de *Coffea arabica* L., variedad caturra en condiciones de vivero en la región San Martín, 2019 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/>
- SANDOVAL Y GARCIA. Obtención de inoculantes puros de hongos micorrízicos arbusculares monospórico y consorcio en cultivo de *brachiaria decumbens* como opción para la reducción de fertilizantes sintéticos en el departamento de Ucayali, 2019 [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2022] Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/>
- SEGURA, Pedro. Influencia del riego sobre la población de hongos micorrízicos y fertilización fosfórica en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). Trabajo De Titulación para la obtención del título de: Ingeniero Agrónomo, 2019. [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6144>
- SUKMASARI, MD et al. Arbuscular Mycorrhiza inoculation for Increasing the Tolerance Index and Productivity of Soybean on Marginal Soils [En línea] IOP Conference Series: Earth and Environmental Science – volume 748, 2021 [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022] Disponible en: 10.1088/1755-1315/748/1/012043
- VEGA, Liliana. Efecto de métodos físico-químicos y biológicos en el contenido de cadmio en plantas de pimiento (*Capsicum Annuum*) y cacao orgánico (*Theobroma Cacao* L.) en suelos contaminados con metales pesados-2020. [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6279>
- ZIVANOVIC & RODGERS. The role of fungal endophytes in plant pathogen resistance, [En línea] BIOS 89(4), 192-197, 2019 [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1893/0005-3155-89.4.192>

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>TITULO</b>	Recuperación de Suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas en Plántulas de Cacao ( <i>Theobroma Cacao L</i> ), Caynarachi San Martín 2022.						
<b>PROBLEMA</b>	<b>GENERAL</b>	¿Cómo es la recuperación de suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas para la obtención de Plántulas de Cacao ( <i>Theobroma Cacao L</i> ), Caynarachi - San Martín 2022?					
	<b>ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las Características físicas, química del suelo del suelo para obtención de Plántulas de Cacao?</li> <li>• ¿Cuáles son las características de las micorrizas para obtención de Plántulas de Cacao?</li> <li>• ¿Cuál es la cantidad optima de inoculación para obtención de Plántulas de Cacao?</li> </ul>					
<b>OBJETIVOS</b>	<b>GENERAL</b>	Evaluar la recuperación de suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas para la obtención de Plántulas de Cacao ( <i>Theobroma Cacao L</i> ), Caynarachi San Martín 2022.					
	<b>ESPECÍFICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las Características físicas, química del suelo para obtención de Plántulas de Cacao.</li> <li>• Identificar las características de las micorrizas para obtención de Plántulas de Cacao.</li> <li>• Determinar la cantidad optima de inoculación para obtención de Plántulas de Cacao.</li> </ul>					
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>Hipótesis general</b>	La recuperación de suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas influye para la obtención de Plántulas de Cacao ( <i>Theobroma Cacao L</i> ), Caynarachi San Martín 2022.					
	<b>Hipótesis específicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las Características físicas, química del suelo tienen un efecto positivo para obtención de Plántulas de Cacao.</li> <li>• Las características de las micorrizas Poseen un efecto positivo para obtención de Plántulas de Cacao.</li> <li>• La cantidad óptima es de 60 g/Kilo de suelo de inoculación para obtención de Plántulas de Cacao.</li> </ul>					
<b>VARIABLES</b>	<b>INDEPENDIENTE</b> Recuperación de suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Característica física, química y biológica del suelo del suelo.</li> <li>• Características de las micorrizas.</li> <li>• Cantidad óptima de inoculación.</li> </ul>	DIMENSIONES	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Color, Olor, pH, CE, CIC, MO, N, P, K y Textura.</li> <li>▪ Color de colonia, Tamaño de la colina, Volumen, Tipos.</li> <li>▪ 0 g/kg, 40 g/kg, 50 g/kg, 60 g/kg.</li> </ul>	INDICADORES	Nomina l	E S C A L A
	<b>DEPENDIENTE</b> Obtención de Plántulas de Cacao	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento de planta.</li> <li>• Características físicas, químicas y biológicas del suelo después del tratamiento.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tamaño de planta, Número de hojas, Tamaño de raíz, Biomasa, Diámetro del tallo.</li> <li>▪ Color, Olor, pH, CE, CIC, MO, N, P, K, Textura.</li> </ul>		Discret o	







Anexo 5: Instrumentos de validación.



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Mendoza López Karla Luz  
 1.2. Cargo e institución donde labora: U.C.V.  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: .....  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: .....

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

90 %

Tarapoto, 25 de Agosto del 2022

Karla Luz Mendoza López

FIRMA IDENTIFICADA ANTE  
CIP: 122149

DNI No. 44558700 Telf: 945113041

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres: ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO  
 Cargo o institución donde labora: DOCENTE - UCCV  
 Especialidad o línea de investigación: HIDROLOGO AMBIENTAL  
 Instrumento de evaluación: \_\_\_\_\_  
 Autor (s) del instrumento (s): Luis Daniel Corai Rodriguez

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	(1) INACEPTABLE					(2) MÍNIMAMENTE ACEPTABLE					(3) 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>												X			

(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)

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**
**90%**

Atentamente


 Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez

DNI: 08447308

Lima, 05 de noviembre de 2022

**Anexo 2:** Guía de observación directa

Título: Recuperación de Suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas en Plántulas de Cacao ( <i>Theobroma Cacao</i> L), Caynarachi San Martín 2022.													
<b>Evaluación de laboratorio de las características del suelo degradado</b>													
Prueba	Coordenadas		Altura	Características físicas, químicas y biológicas del suelo degradado									Observaciones
	Norte	Este	MSNM	Color	Olor	pH	CE	CIC	N	P	K	MO	
M1													
M2													
M3													
Promedio													

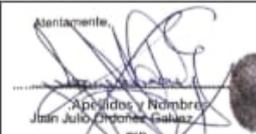
*Handwritten mark*

<p>Atentamente,</p>  <p>Apellidos y Nombre Jesús Julio Chirinos Galaz</p> <p>DNI: 08447308 CIP</p>		
---	--	--

**Anexo 3:** Fichas de recolección de datos

Tratamiento	Repetición	Características de crecimiento del cacao en función a los tratamientos					Observaciones
		Tamaño de planta	Número de hojas	Tamaño de raíz	Biomasa	Diámetro del tallo	
T1: (0)	1						
T1: (0)	2						
T1: (0)	3						
T2: (40)	1						
T2: (40)	2						
T2: (40)	3						
T3: (50)	1						
T3: (50)	2						
T3: (50)	3						
T4: (60)	1						
T4: (60)	2						
T4: (60)	3						

*Handwritten mark*

<p>Atentamente,</p>  <p>Apellidos y Nombre Jesús Julio Chirinos Galaz</p> <p>DNI: 08447308 CIP</p>		
---	--	--

**Anexo 3:** Guía de observación

Título: Recuperación de Suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas en Plántulas de Cacao ( <i>Theobroma Cacao</i> L), Caynarachi San Martín 2022.											
Evaluación de laboratorio de las características del suelo después del tratamiento											
Tratamiento	Repetición	Características físicas, químicas y biológicas del suelo degradado									Observaciones
		Color	Olor	pH	CE	CIC	N	P	K	MO	
T1	1										
T1	2										
T1	3										
T2	1										
T2	2										
T2	3										
T3	1										
T3	2										
T3	3										



<p>Identificación</p>  <p>Apellidos y Nombres JUAN JULIO ORDÓÑEZ GALVEZ CIP</p> <p>DNI-08447308</p>		
--	--	--

## Anexo 6: Estándares de calidad ambiental

### ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7) y (8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(9)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(11)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(12)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(13)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200,8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

**Anexo 7: Adquisición de la las Myco Grow**



**Anexo 8: Boleta de compra de las micorrizas para los respectivos tratamientos.**

CONSORCIO AGROPECUARIO AMERICANO S.A.C.

**conagra**

Mza. B31C Lote 2 Urb. Las Casuarinas  
(Fundo San Pedro Alt. Km. 34.5 Antig. Pana. Sur)  
Lima - Lima - Lurin  
Telf.: (01) 205-6960 E-mail: informes@conagra.com.pe  
www.conagra.com.pe

Fecha de Inicio de Traslado: 25/07/2022

**R.U.C. 20100639654**  
**GUIA DE REMISION - REMITENTE**  
001- 0068256

**DATOS DEL DESTINATARIO**

Nombre e Razón Social: CORRAL RODRIGUEZ, LUIS DANIEL  
Dirección: TARAPOTO - SAN MARTIN  
R.U.C.: 76660200 Teléfono: 900593300

**BIENES TRANSPORTADOS:**

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
FF306805	3,00	MYCO GROW ENVASE 1/2 KILO

**MOTIVOS DE TRASLADO**

Venta:  Para transformación  
 Venta sujeta a confirmar:  Rocios blancos  
 Compra:  Inseminaciones  
 Venta con entrega a:  Envase filtrante  
 Consignación:  Zona primario  
 Devolución:  Importación  
 Entre establecimiento de la misma empresa:  Exportación  
 Otros:

**Anexo 9:** Obtención de los cocos de cacao para la extracción de semillas.



**Anexo 10:** Obtención de las semillas de cacao para la respectiva germinación



**Anexo 11:** Procesos de germinación de las semillas de cacao germinación



**Anexo 12:** Llenado de bolsas para el sembrado respectivo de las semillas de cacao.



**Anexo 13:** Procesos de crecimiento de las plántulas de cacao



**Anexo 14:** Observación del crecimiento de las plántulas de cacao



**Anexo 15:** Plántulas de cacao a los 60 días de crecimiento



**Anexo 16:** Plantas acondicionadas para las mediciones correspondientes



**Anexo 17:** Momentos de medición de las características biométricas de la planta



**Anexo 18:** Demostración de la planta por tratamiento T1: Suelo sin micorrizas, T2: 40gr de micorrizas, T3: 50gr. de micorrizas y T4: 60gr. de micorrizas



**Anexo 19:** Demostración de la planta por tratamiento T1: Suelo sin micorrizas, T2: 40gr de micorrizas, T3: 50gr. de micorrizas y T4: 60gr. de micorrizas



**Anexo 20:** Evaluación del T1 a las plántulas de cacao

<b>T1: Suelo sin micorrizas</b>					
<b>Número de plantas</b>	<b>Tamaño de la plnata</b>	<b>Número de hojas</b>	<b>Tamaño de la raíz</b>	<b>Largo de hoja</b>	<b>Diametro del tallo</b>
1	14	4	6	5.8	0.18
2	14.4	5.3	5	5.6	0.18
3	15.6	4	5.5	6.2	0.17
4	14.2	5	7.2	4.5	0.15
5	14.2	5	6.2	8.2	0.16
6	13	5	6.3	3.5	0.16
7	13.5	5	6.5	4.5	0.17
8	14.2	4	5.3	4.5	0.15
9	12.3	5	5.8	4.5	0.15
10	15.4	4	5.6	5.5	0.16
11	15.2	4	5.5	4.4	0.16
12	14.3	4	5.1	2.5	0.15
13	13.6	4	4.2	3.9	0.15
14	13.6	4	4.2	4.9	0.14
15	13.6	5	4.3	4.6	0.15
16	15.5	4	5.5	5.8	0.16
17	15.4	4	6.3	3.8	0.16
18	14.3	4	5.6	2.9	0.14
19	14.8	5	4.2	5	0.13
20	15.6	4	4.5	4.9	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>14.3</b>	<b>4</b>	<b>5.4</b>	<b>4.8</b>	<b>0.16</b>

**Anexo 21:** Evaluación del T2 a las plántulas de cacao

<b>T2: Suelo con aplicación de 40gr de micorrizas</b>					
Número de plantas	Tamaño de la plnata	Número de hojas	Tamaño de la raíz	Largo de hoja	Diametro del tallo
1	18.1	4	8	6	0.18
2	19.2	4	7	9	0.17
3	17.1	5	6	8.2	0.15
4	16.2	3	6	5.6	0.6
5	14	4	6.5	6.2	0.18
6	15.9	4	6.4	4.5	0.13
7	17.2	3	6.8	6.2	0.16
8	14.2	4	7.2	7.2	0.18
9	15.3	3	7.6	6.2	0.16
10	16.2	5	6.5	5.6	0.13
11	17.3	4	5	5.6	0.13
12	16.3	3	5.6	8.2	0.13
13	16.7	3	5	7.3	0.15
14	17.2	5	6	6.6	0.16
15	16.5	3	8	5.4	0.15
16	17.2	5	8	5.5	0.13
17	15.1	3	7.9	5.6	0.14
18	15.1	5	7.6	5.6	0.12
19	15.3	5	8	7.2	0.15
20	15.6	4	9.5	6.3	0.14
<b>TOTAL</b>	<b>16.3</b>	<b>4</b>	<b>6.9</b>	<b>6.4</b>	<b>0.17</b>

**Anexo 22:** Evaluación del T3 a las plántulas de cacao

<b>T3: Suelo con aplicación de 50gr de micorrizas</b>					
Número de plantas	Tamaño de la plnata	Número de hojas	Tamaño de la raíz	Largo de hoja	Diametro del tallo
1	20	4	9.2	10	0.31
2	17.2	5	10.1	9	0.28
3	19.5	3	9.2	11.2	0.21
4	19	5	8.9	10.3	0.19
5	18.5	4	8.9	9.5	0.21
6	22	5	8.7	12	0.22
7	21.3	4	8.5	12	0.22
8	20.7	4	7.9	11	0.23
9	21.4	4	8.5	13	0.22
10	19.5	5	8.4	10.2	0.21
11	22.4	4	7.4	9.5	0.19
12	17	4	6	9.9	0.18
13	19.2	4	7	9.5	0.19
14	19.4	5	6	9.6	0.19
15	19	4	8	7.8	0.23
16	18.7	2	8.2	10.1	0.18
17	17.1	4	8.6	10.6	0.18
18	21.1	5	7.6	11.3	0.16
19	18.6	5	7.9	11	0.17
20	19.2	4	9	11	0.19
<b>TOTAL</b>	<b>19.5</b>	<b>4</b>	<b>8.2</b>	<b>10.4</b>	<b>0.21</b>

**Anexo 23:** Evaluación del T4 a las plántulas de cacao

<b>T2: Suelo con aplicación de 40gr de micorrizas</b>					
<b>Número de plantas</b>	<b>Tamaño de la plnata</b>	<b>Número de hojas</b>	<b>Tamaño de la raíz</b>	<b>Largo de hoja</b>	<b>Diametro del tallo</b>
1	18.1	4	8	6	0.18
2	19.2	4	7	9	0.17
3	17.1	5	6	8.2	0.15
4	16.2	3	6	5.6	0.6
5	14	4	6.5	6.2	0.18
6	15.9	4	6.4	4.5	0.13
7	17.2	3	6.8	6.2	0.16
8	14.2	4	7.2	7.2	0.18
9	15.3	3	7.6	6.2	0.16
10	16.2	5	6.5	5.6	0.13
11	17.3	4	5	5.6	0.13
12	16.3	3	5.6	8.2	0.13
13	16.7	3	5	7.3	0.15
14	17.2	5	6	6.6	0.16
15	16.5	3	8	5.4	0.15
16	17.2	5	8	5.5	0.13
17	15.1	3	7.9	5.6	0.14
18	15.1	5	7.6	5.6	0.12
19	15.3	5	8	7.2	0.15
20	15.6	4	9.5	6.3	0.14
<b>TOTAL</b>	<b>16.3</b>	<b>4</b>	<b>6.9</b>	<b>6.4</b>	<b>0.17</b>

# Anexo 24: Análisis pre tratamiento de metales pesados



ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITACIÓN POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 171



## INFORME DE ENSAYO N° MA22020256 CON VALOR OFICIAL

**Nombre del Cliente** : JIREHLAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - JIREHLAB S.A.C.  
**Domicilio Legal** : --- UCV 100 LOTE. 23 HUAYCAN ZONA F LIMA - LIMA - ATE  
**Solicitado Por** : Luis Daniel Coral Rodríguez  
**Referencia** : Tesis " Recuperación de suelos con inoculación de micorrizas benéficas en plántulas de Cacao (*Theobroma Cacao* L), Caynarachi San Martín 2022"

### DATOS DE LA MUESTRA

**Procedencia** : TARAPOTO – SAN MARTÍN  
**Plan de Muestreo** : Realizado por el Cliente  
**Cantidad de Muestras** : 1  
**Condición de la Muestra** : Frascos de plástico y/o vidrio, preservados y refrigerados

**Fecha de Muestreo** : 29/06/2022  
**Fecha de Recepción** : 01/07/2022  
**Fecha Inicio Ensayo** : 02/07/2022

### MÉTODOS DE ENSAYO

Parámetros	Normas
Metales ICP	EPA Method 200.7, Revisión 4.4, May 1994

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Cod. Cliente	P-01		
Cod. Lab.	MA22020256.01		
Tipo de Producto	Suelo		
Fecha de Muestreo	17/07/2022		
Hora de Muestreo	10:00 am		
Cadena de Custodia	3878		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
Metales ICP			
Cadmio	mg/Kg (PS)	1,4	1,7
Plomo	mg/Kg (PS)	70	78

**Gloria Uturuncu Mamani**  
Supervisor de Lab Químico  
XERTEK LIFE S.A.C.

### USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe sólo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras diferentes serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión del presente documento, salvo que su propiedad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia estará definido por los requisitos del método empleado. El cliente o parte licitante podrá solicitar la devolución del remanente de estas muestras antes del vencimiento aquí indicado.
- 3.- El presente informe de ensayo constituye un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es resuelta de acuerdo con las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de Xertek Life S.A.C.



Laboratorio: Av. Los Eucaliptos, Sector Santa Genevieve, Parcela 5 Lurin

Central: +51 1 611 1891  
E-mail: contacto@xerteklife.com



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL, 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: "Recuperación de Suelos con Inoculación de Micorrizas Benéficas en Plántulas de Cacao (Theobroma Cacao L), Caynarachi San Martín 2022

", cuyo autor es CORAL RODRIGUEZ LUIS DANIEL, 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, 21 de Octubre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL <b>DNI:</b> 06082600 <b>ORCID:</b> 0000-0001-7889 -7928	Firmado electrónicamente por: WLSAMUELQUP el 29-10-2022 13:23:49

Código documento Trilce: TRI - 0435252