



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares para recuperación de
suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir,
2020.

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

AUTORES:

Palao Flores, Sergio José (ORCID: 0000-0001-5567-5599)

Saavedra la Torre, Kiara Alexandra (ORCID: 0000-0001-8267-5746)

ASESOR:

Condori Moreno, Delbert Eleasil (ORCID: 0000-0001-5318-6433)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Tarapoto – Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios porque ha estado presente en cada paso que hemos dado a lo largo de la investigación, cuidándonos, dándonos fortaleza para continuar y sobre todo salud.

A nuestros queridos padres, por el apoyo moral y confianza depositada en nosotros, para auto realizarnos como profesionales, como también su guía constante ante las dificultades presentadas.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un trabajo arduo y lleno de aprendizaje como lo es el desarrollo de la tesis, es inevitable no pensar en las personas que hicieron posible la culminación de esta investigación. Por ello, es un verdadero placer utilizar este espacio para hacer justo y consecuente con ellas, expresándoles nuestros agradecimientos.

A Dios, por habernos permitido llegar a este punto y darnos la salud y sabiduría en todo momento para lograr todos nuestros objetivos planteados.

A nuestros padres, que sin su guía y apoyo constante no hubiésemos logrado la culminación de nuestra investigación, además de la motivación y valores que los caracterizan nos permitieron crecer de manera personal y sobre todo por su amor.

A la Estación Experimental Agraria, El Porvenir, por brindarnos un espacio en sus instalaciones para el desarrollo del proyecto y por sus capacitaciones en campo que ayudó para la eficiencia de la investigación.

A nuestro asesor Delbert Condori Moreno, quien estuvo durante toda la investigación comprometido en apoyar con la estructura y guía del proyecto, como también por su paciencia y dedicación.

A Cesar Arévalo Hernández, por su guía constante en la elaboración de la investigación, en temas de metodología y apoyo estadístico.

A Willy William Sánchez Céspedes, por brindarnos guía en la elaboración de mapas del presente trabajo de investigación.

Porque este trabajo no podría haberse concluido sin el apoyo de todos ustedes, ni con todas las palabras del mundo bastarían para expresar todo el agradecimiento que sentimos.

Índice de contenidos

I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGÍA	17
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2 Variables y operacionalización	18
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	21
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5 Procedimientos	23
3.6 Método de análisis de datos	31
3.7 Aspectos éticos.....	31
IV. RESULTADOS	32
V. DISCUSIÓN.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	47
VII. RECOMENDACIONES.....	48
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS	

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Descripción de tratamientos con HMA</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. Análisis de varianza para Cd Total de las plántulas de cacao bajo condiciones de vivero (EEA, El Porvenir, 2020).....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3. Análisis de varianza Cd Disponible.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4. Análisis de varianza % de Colonización Micorrízica.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5 Parámetros físicos de las unidades experimentales..</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6 Análisis de varianza % de nitrógeno.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 7 Análisis de varianza % de fósforo..</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8 Análisis de varianza % de Potasio..</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 9 Análisis de varianza de la Capacidad de Intercambio Catiónico</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 10 Análisis de varianza del peso de biomasa en seco de las plántulas de Cacao.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 11 Análisis de varianza de altura de las plántulas de Cacao.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 12 Análisis de varianza de diametro de tallo de las plántulas de Cacao</i>	<i>41</i>

Índice de figuras

<i>Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del punto de muestreo en el distrito de Juan Guerra – San Martín.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 2. Acondicionamiento del Vivero.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3. Mapa de los puntos de extracción de la muestra.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 4. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de cadmio total entre los tratamientos.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de cadmio disponible en los tratamientos.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 6. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de colonización de HMA en las unidades experimentales.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 7. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de nitrógeno entre las unidades experimentales.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de fósforo entre las unidades experimentales.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de potasio entre las unidades experimentales.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 10. Gráfico de comparación de las medias tukey ($p \leq 0,05$), de la capacidad de intercambio catiónico entre las unidades experimentales.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 11. Gráfico de comparación de las medias por tukey ($p \leq 0,05$), de la altura entre las unidades experimentales.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 12. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), del diámetro de Tallo de las unidades experimentales.....</i>	<i>42</i>

RESUMEN

En objetivo de la investigación constó en estudiar el efecto de los HMA para la recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020; Así como, evaluar las concentraciones de cadmio total y disponible en el suelo, analizar la capacidad de colonización de los HMA, determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo y analizar los parámetros biométricos de las plántulas de Cacao.

Se considera como una investigación aplicada, con un diseño estadístico experimental, en el que se empleó el diseño completamente al azar (DCA); con 5 tratamientos, 4 repeticiones y cada tratamiento tuvo 2 unidades experimentales, generando un total de 40 unidades experimentales. El siguiente trabajo fue probabilístico, debido a que se empleó un cálculo matemático para la determinación del tamaño de la muestra para poblaciones finitas. Para la muestra se tomó 6 puntos base por coordenadas designadas en zigzag.

Los resultados de la investigación mostraron que los tratamientos de mayor dosificación inoculados con HMA presentaron una disminución de concentración de Cd total y disponible, cómo también un incremento en el desarrollo fisiológico en altura, porcentaje de colonización micorrízica, biomasa seca; en comparación con los testigos T0 y T1 que no fueron inoculados con los HMA.

Palabras claves: Hongos, micorrízicos, colonización, recuperación, suelos.

ABSTRACT

The objective of the investigation consisted of studying the effect of HMA for the recovery of agricultural soils under nursery conditions, in the EEA El Porvenir, 2020; As well as, evaluate the concentrations of total and available cadmium in the soil, analyze the colonization capacity of HMA, determine the physicochemical parameters of the soil and analyze the biometric parameters of the Cacao seedlings.

It is considered as an applied research, with an experimental statistical design, in which the completely randomized design (DCA) was used; with 5 treatments, 4 repetitions and each treatment had 2 experimental units, generating a total of 40 experimental units. The following work was probabilistic, since a mathematical calculation was used to determine the sample size for finite populations. For the sample, 6 base points were taken by coordinates designated in zigzag.

The results of the investigations showed that the higher dosage treatments inoculated with AMF presented a decrease in the concentration of total and available Cd, as well as an increase in the physiological development in height, percentage of mycorrhizal colonization, dry biomass; in comparison with the controls T0 and T1 that were not inoculated with HMA.

Keywords: Fungi, mycorrhizal, colonization, recovery, soils.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es considerado el recurso base para el desarrollo de las actividades agrícolas, por ello las consecuencias de degradación de este recurso traen consigo un descenso de actividades económicas, sociales y ambientales (Sentis, 2015, p. 4).

“Al año, se pierde parte de la productividad de suelos por degradación 3,4 a 4 millones de hectáreas de tierra agrícolas por producción de secano y 35 millones de tierras por actividades de pastoreo, 1,5 a 2,5 millones de hectáreas de tierras bajo riego; afectando aproximadamente a 2600 millones de personas a nivel mundial, es decir el 40% de la población total” (Ipbes, 2018, p. 1). El Perú, como muchos países, mueve su economía a través de la agricultura, por lo que el PBI agropecuario se elevó un 7.8%, la tasa con más incremento en los últimos 10 años y donde además se incrementó las exportaciones agrarias alrededor del 38% en comparación con el año anterior, haciendo un total de US\$ 88 millones (Gbm, 2019, p.1). Por otra parte, se evidencia que en el Perú existe una superficie de 128.5 millones de ha, y solo el 6% son aptas para cultivos agrícolas; de las cuales, gran parte de estos suelos presentan más de una problemática, como por ejemplo la degradación por erosión, desertificación y salinización (Minagri, 2017, p. 29). Esta degradación de suelo se ve reflejada en la alteración de sus parámetros físicos: densidad aparente, distribución en el volumen de poros, retención de agua; en sus parámetros químicos: pH, concentración de aluminio, capacidad de intercambio catiónico, almacenamiento y balance de nutrientes; a nivel biológico: pérdida de materia orgánica y masa microbiana (Odepa, 2013, p. 2). “En la región San Martín, las principales actividades agrícolas, se basan en la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa*), cacao (*Theobroma cacao*) y café (*Coffea arabica*), con 112 mil, 94 mil y 55 mil hectáreas respectivamente” (Minagri, 2018, p. 8). De tal manera que el uso de agroquímicos en estos cultivos como fertilizantes (Cloruro de Potasio), insecticidas (Endosulfan, Furadan) y Fungicidas (Oxicloruro de Cobre) y, presencia de metales pesados como, cadmio, cromo y plomo (Peláez, Bustamante y Gómez, 2016, p. 3), y más aún el excesivo laboreo, hacen que las condiciones de estos suelos se vean afectados y alterados, dejando a este recurso degradado.

Tal es el caso de las provincias de Picota y Lamas, en donde se desarrolla la producción de arroz y cacao respectivamente, donde los productores aplican un manejo convencional, reflejados en el uso de agroquímicos, los mismos que podrían promover la presencia de metales pesados, degradando significativamente la composición natural del suelo. Es por ello por lo que, la implementación de técnicas para la recuperación de suelos, tales como la aplicación de hongos beneficiosos (Hongos Micorrízicos Arbusculares- HMA), resultan importantes para la salud natural del suelo, toda vez que se podría generar una relación simbiótica entre estos microorganismos, el suelo y las plantas. La recuperación de suelos con la aplicación de HMA, es una técnica sustentable que podría mitigar el problema de suelos degradados por actividades agrícolas, ya que mejoran la estructura de estos al incrementar retención de humedad, aireación y descomposición de la materia orgánica (Caro, 2019, p. 58); A diferencia de otros tratamientos para la remediación de suelos degradados, los HMA ayudan a la interacción con los microorganismos presentes en el medio ya que al tener mayor captación de nutrientes las especies vegetales son más resistentes a organismos patógenos, evitando de esa manera la aplicación de agroquímicos para contrarrestar los efectos de uso (Méndez, 2017, p. 8). En la presente investigación se pretende estudiar el efecto de los HMA para la recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020; Así como, evaluar las concentraciones de cadmio total y disponible en el suelo, analizar la capacidad de colonización de los HMA, determinar los parámetros fisicoquímicos del suelo y analizar los parámetros biométricos de las plántulas de Cacao.

II. MARCO TEÓRICO

Como trabajos previos para la investigación, a nivel internacional: Carrillo et al. (2019), con su investigación que consistió: "Inocular hongos micorrízicos arbusculares por medio de un cultivo *Heliconia stricta* en la ciudad de México". La cual tuvo como objetivo de investigación, evaluar la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el desarrollo de *Heliconia stricta*. Se empleó un diseño experimental, consistió en 5 recetas de 4 inóculos de HMA y uno sin inoculación, repitiendo 10 veces el procedimiento. Las variables fueron sometidas al programa estadístico Statistical Analysis System. En la investigación se lograron tener 75 rizomas por medio de un cultivo de *Heliconia stricta*, eligiendo de esas solamente 50, contando con un peso de 250 g respectivamente, posteriormente se enjuagó con agua para disminuir las impurezas, la investigación determinó el crecimiento de la fisiología vegetal en la planta, esto por medio de un evaluador de fotosíntesis IRGA y la actividad micorrízica por el procedimiento de Phillips y Hayman. Los resultados constataron aumentos en el inóculo no nativo, este indujo en el aumento de la fisiología vegetal de la planta, constatando mayor desarrollo en su altura y cantidad de hojas, del mismo modo en la tasa fotosintética y la colonización micorrízica. El inóculo nativo produjo efectos considerables en las raíces. Se concluye con la comprobación de los objetivos planteados de acuerdo a la interacción benéfica de la inoculación micorrízica de acuerdo al desarrollo obtenido en las plantas, a su vez en el aumento de absorción de nutrientes y minerales como N, P, K; Por otro lado, tenemos a nivel nacional: Orbe, (2019) que en su investigación demostró una "efectividad en la acción bioprotectora en variedades de hongos micorrízicos arbusculares - HMA en un patógeno perteneciente al nódulo *Meloidogyne incognita* probadas en unidades de *Sacha inchi*". Desarrollada en Iquitos, determinó la eficacia de un bioprotector en diferentes especies de HMA sobre nemátodos del nódulo *M. incognita* desarrollada en plántulas de *Plukenetia volubilis*. Fue un estudio con un diseño DCA, con doce tratamientos; y doce repeticiones, haciendo un total de 144 macetas. Los resultados manifestaron mejor efecto bioprotector ante el nematodo desarrollado en plántulas de *Sacha inchi* inoculados con *M. incognita*, 45 días después de la emergencia. Concluyendo que, los tratamientos que mostraron mejor efectividad bioprotectora

del nematodo del nódulo (*M. incognita*) en las plántulas de *Plukenetia volubilis* son T7 (*Rhizoglyphus intrarradices*), T8 (*Glomus* sp.) y T9 (Interacción *Rhizoglyphus intrarradices* + *Glomus* sp), éstos fueron inoculados con *M. incognita* 45 días después de emergencia; Por último, a nivel local: Saboya (2018), en su investigación: estudió los efectos bioprotectores de HMA – (Hongos micorrízicos arbusculares nativos) en presencia del hongo patógeno *Hemileia vastatrix*, teniendo como indicador al recurso vegetal *Coffea arabica*, especie caturra sometido en vivero, Provincia y Región de San Martín”. Tuvo como objetivo evaluar los efectos bioprotectores de Hongos micorrízicos arbusculares aplicados contra el hongo patógeno *Hemileia vastatrix*. El proyecto de investigación se elaboró según un arreglo factorial al azar, reconociendo dos factores (A como un inóculo de HMA y B como inóculo nativo), se trabajaron los hongos en los plantones de *Coffea arabica*. Uno de los resultados mostró que la muestra con los hongos benéficos inoculados demostró un aumento del desarrollo de la fisiología vegetal de los plantones en diferencia con los plantones en los cuales no fueron aplicados, de acuerdo con eso, se evidencia resistencia contra el hongo patógeno. El estudio mostró que la aplicación de los hongos micorrízicos arbusculares en plantones de *Coffea arabica* desarrolló efectividad en la resistencia contra el hongo patógeno *Hemileia vastatrix* manifestando una disminución en los parámetros de incidencia y severidad.

Para este presente trabajo de investigación fue necesario definir conceptos y teorías como respaldo, de esta manera se define a los Hongos Micorrízicos Arbusculares - HMA como asociaciones simbióticas entre hongo y raíz, estos penetran en las células corticales de las raíces de una planta vía célula (Durán, 2018, p. 4), los hongos son formadores de micorrizas que atribuyen una simbiosis en su totalidad, ya que la gran mayoría de recursos vegetales son susceptibles a ser micorrizadas por este medio (Pérez et al, 2011, p.368). Se tiene conocimiento de la actividad simbiótica en las formaciones de micorrizas hace más de 400 millones de años (Remy et al., 1994, p. 1). El término “Simbiosis” hace referencia a la asociación o interacción biológica, como, por ejemplo, hongo- planta (Fernández, 2019, p. 2); en donde el hongo transporta todos los nutrientes hasta la planta y ésta le brinda una fuente de carbono (Fonseca, 2019, p. 2).

Esto se puede conseguir con la inoculación, que es el proceso de introducir esporas a un cultivo estéril, mayormente empleado para el mejoramiento de las plantas como la absorción de nutrientes (Báez et al, 2015, p. 6).

Por otro lado, en la agricultura, el suelo es un recurso importante, fuente de nutrición de las plantas y soporte de vida (FAO, 2018, p.1). “Este recurso posee una alta diversidad de microhábitats, un ecosistema microbiológico que integra diversos grupos, como hongos, bacterias, algas, protozoos y actinomicetos” (Hernández et al, 2017, p.141). De esta manera, el tipo de uso del suelo determina el estado que tendrá la planta, como también, las consecuencias que tendrá sobre el recurso, ya que éstas establecen relaciones con las comunidades de hongos y los diversos nutrientes presentes en este (Garita, 2019, p. 3); De tal manera que, la manipulación inadecuada causará daños irreversibles (Izquierdo, 2017 p. 12). Mientras tanto, se evidencia que, en Perú, los suelos con potencial para actividad agrícola son relativamente escasos, más del 42% del recurso es de protección dejando así un territorio muy limitado para practicar agricultura, cabe mencionar que su potencial puede variar, esto de acuerdo con la tecnología disponible, como por ejemplo el riego tecnificado y transvases de agua (Pankaj, 2019, p. 281;294). La clasificación del recurso en el país se determina según su capacidad de uso extensivo, de acuerdo a sus limitaciones para mantener las actividades agrícolas, forestales o pecuarias, como también factores de clima, riesgo de erosión, incluyendo las propias características naturales del recurso según la región que pueda afectar o influir en la productividad, teniendo así tierras aptas para pastos (actividades con fines agrícolas), tierras aptas para producción forestal (actividad maderable) y tierras aptas para protección (preservación de ecosistemas) (MINAGRI, 2017, pág. 5). Por otro lado, existen limitaciones de su uso por la contaminación de suelo, “este término hace referencia a la presencia de un factor físico o químico, de acuerdo con la sustancia que altera el recurso incluyendo porcentajes de acumulación más altos de lo normal, que tiene efectos notables sobre cualquier organismo al que no estaba consignado” (FAO, 2019, p. 11). “Trayendo consigo efectos sobre las propiedades fisicoquímicas o biológicas del recurso, que pueden ser inducidos ya sea por contaminación antrópica en el caso de extensiones de territorio, agricultura a gran escala entre otras actividades que involucren el uso del factor, en el caso de contaminación natural por medio de

erupciones volcánicas e incendios forestales” (Silva y Correa, 2009, p. 6). “Incluyendo el efecto negativo sobre el medio ambiente, la contaminación del suelo incluye una pérdida económica, esto por la disminución de la eficiencia de rendimiento reflejado en la calidad de los cultivos” (FAO, 2018, p. 1). Teniendo como los principales contaminantes del suelo a los metales pesados, de acuerdo a su persistencia en el medio lo vuelve muy complejo si se trata de remediar el recurso; “también podemos encontrar en el suelo micronutrientes y minerales fundamentales para el desarrollo de la fisiología vegetal (Quintella, 2019, p. 156;166), pero en excesivas concentraciones ocasionan fitotoxicidad e incluso puede dañar la salud humana a causa de su naturaleza no biodegradable, ocasionando una bioacumulación en el organismo” (FAO, 2019, p. 20). Como otro de los contaminantes tenemos a los plaguicidas, definido como una sustancia química empleada en la agricultura para disminuir las pérdidas en el cultivo esto a raíz del ataque de patógenos, (Mujica et al, 2017, p. 22). Sus efectos toxicológicos sobre las plagas dependen de su ingrediente activo, que a su vez afecta su interacción con los componentes del suelo (Singh, 2012, p. 31). La recuperación de estos suelos contaminados se puede lograr con la aplicación y ejecución de diversos procesos (Wang, 2019, p. 719 – 728), pero en muchas ocasiones su complejidad de remediar el recurso se ve incrementada por los siguientes factores: Excesiva toxicidad del recurso, alta residualidad y difícil degradación por contaminantes sintéticos y su relativa persistencia en el suelo (Getachew, 2019, pág. 60). Teniendo como técnicas sostenibles para la recuperación a la Fitorremediación, que atribuye la aplicación variada de tecnologías que se fundamenta en la utilización de plantas o vegetales para reponer y rehabilitar el medio contaminado, ya sea en el factor aire, agua y suelo (Xiaomin, 2018, p. 33 – 41). Es considerada como una tecnología sostenible basándose principalmente en la aplicación in situ de recursos vegetales para disminuir o reducir las cantidades de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos (Menge, 2017, p. 8), aporta a la reducción de la: mineralización y degradación de una diversa variabilidad de contaminantes (Garzón, 2015, p. 2). Y por otro lado, la biorremediación, que es considerada como cualquier proceso que restaure la composición natural del suelo con el empleo y uso organismos benéficos para revertir la nocividad a un medio alterado por contaminantes (Frouz, 2020, p. 3), a su vez se manifiesta en la

interacción de la actividad microbiana, tanto de los que están presentes en el medio como de los que realizan una simbiosis en la raíz planta que son tolerantes o susceptibles a compuestos tóxicos, se considera como una tecnología innovadora para diseñar estrategias que permitan la recuperación del factor suelo o agua que fueron degradados (Montaño, 2015, p. 2).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

“Una investigación de tipo aplicada tiene el fin de analizar los conocimientos previos y desarrollarlos en la práctica de problemas además de tener estudios científicos con el fin de encontrar posibles aspectos de mejora en situación de la vida cotidiana” (Rodríguez, 2019, p.2).

El presente proyecto se considera como una investigación aplicada porque por medio de repetitivas experimentaciones en campo se buscó encontrar la eficiencia de los HMA en el rendimiento de la recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020.

Según las características del proyecto la investigación es de tipo cuantitativa, la investigación cuantitativa tuvo como propósito encontrar una explicación a los fenómenos instaurando regularidades sobre los mismos, con esta finalidad la ciencia debe valerse en la comprobación y experimentación, el conocimiento obtenido debe fundamentarse de hechos reales, cuya descripción debe ser lo más neutra, lo más objetiva y lo más completa posible (Monje, 2011, p.7).

3.1.2. Diseño de investigación

“La investigación cuasi-experimental es aquella en la que existe una exposición y respuesta, pero no hay aleatorización de los grupos de tratamiento y control” (Moreno, 2013, p. 8).

Se trabajó con un diseño de investigación cuasi – experimental, porque se seleccionó un grupo según la variable de estudio, por tal motivo no existió una distribución aleatoria al estar los HMA ya preestablecidos para su experimentación en el recurso.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Hongos Micorrízicos Arbusculares - Independiente - Cuantitativo

Recuperación de suelos agrícolas - Dependiente - Cuantitativo

3.2.2. Operacionalización de la variable

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Hongos Micorrízicos Arbusculares	Son Microorganismos del suelo que crean asociaciones simbióticas entre hongo y raíz (Pérez y et al, 2011, p.368).	La cantidad de Hongos Micorrízicos Arbusculares que se aplicó, dependió de las muestras seleccionadas, la capacidad de colonización se midió de acuerdo con la generación de ramificaciones, formando un arbúsculo, a su vez también de acuerdo con las formaciones de hifas, cuya función absorbe y desintegra los nutrientes.	Dosis de aplicación de los HMA Capacidad de Colonización	- g x 3 kg - % colonización	Intervalo
Recuperación de Suelos agrícolas	Se atribuye como la aplicación variada de tecnologías que se fundamenta en la utilización de plantas o vegetales para reponer y rehabilitar el medio contaminado (Garzón, 2015, p. 2).	La recuperación de suelos contaminados artificialmente con Cloruro de Cadmio (CdCl ₂), se midió de acuerdo con la comparación entre los resultados iniciales con los resultados finales del análisis del recurso, cuyos parámetros fueron analizados de acuerdo con el método de ensayo: Parámetros físicos = Textura / Color; de acuerdo con el Método EPA N° 0110.3	Metales pesados Parámetros Físicoquímicos	- Cadmio total - Cadmio disponible - Textura y Color - Capacidad de intercambio Catiónico	Nominal

<p>Color - Spectrophotometric 600/4-79-020 NEMI. Metales pesados según el método EPA N° 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils SW-846 Ch 3.2 www 12/01/1996. Capacidad de intercambio iónico según el método EPA N° 9080 Cation-Exchange Capacity of Soils (Ammonium) SW-846 Ch 6 www 09/01/1986. Parámetros biométricos = Biomasa; de acuerdo con el Método EPA Organic Analytes ORGANIC SW-846 Ch 4 Update IVA www 01/01/1998. Nitrógeno según EPA N°0351.2 Nitrogen, Kjeldahl, Total - Colorimetric 600/4-79-020 NEMI. Fósforo según EPA N° 0200.2 Phosphorus - Sample Preparation 600/R-94-111 www 05/01/1994-. Potasio según EPA N° 0200.2 Potassium - Sample Preparation 600/R-94-111 www 05/01/1994-.</p>	<p>Parámetros biométricos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nitrógeno - Fósforo - Potasio - Biomasa - Altura - Diámetro
--	-------------------------------	--

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población

La población universal de la investigación fue la superficie de 2500 m², de la plantación de cacao – café, de la EEA El porvenir, Juan Guerra.

- **Criterios de inclusión**

Suelos de cooperación con un centro de investigación experimental agraria (EEA El porvenir- INIA).

- **Criterios de exclusión**

- No son suelos en donde se trabaja con investigaciones experimentales.
- Suelos agrícolas donde se emplean productos orgánicos.

Muestra

Es calculada de la población universal, es decir, de la superficie de la plantación de cacao – café (2500 m²), de la EEA El Porvenir Juan Guerra, teniendo en consideración, que el área designada tiene un peso de 500 toneladas (500 000 kg), seguidamente se tiene el 99% de confianza y el 1% de error del valor Z. Asimismo, el 95% de atributos deseados y el 5% de atributos no deseados, se infiere que los 126 kg representan a la población universal. De la mezcla homogénea del recurso, se extrajo una muestra de suelo, que fue secada, triturada, tamizada y enviada al laboratorio para su correspondiente análisis. La obtención de la muestra fue mediante la fórmula de cálculo para poblaciones finitas:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + (z^2 * p * q)}$$

Dónde:

Z = nivel de confianza 99% (2.576)

p = Porcentaje de la población que tiene el atributo deseado 95%

q = Porcentaje de la población que no tiene el atributo 5%
deseado

e = Error de estimación máximo aceptado 1% (0.05)

N = Tamaño del universo 500000 kg

n = Tamaño de la muestra

Reemplazando valores, obtenemos lo siguiente:

$$n = \frac{2.576^2 * 500000 * 0.95 * 0.5}{0.05^2 * (500000 - 1) + (2.576^2 * 0.95 * 0.5)}$$

$$n = 126 = 126 \text{ kg}$$

Muestreo

El siguiente trabajo fue probabilístico, debido a que se empleó un cálculo matemático para la determinación del tamaño de la muestra para poblaciones finitas. Para la muestra se tomó 6 puntos base por coordenadas designadas en zigzag.

Unidad de análisis

Suelo agrícola contaminado artificialmente con Cloruro de Cadmio (CdCl_2).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se aplicó una observación experimental, del mismo modo se recolectaron datos cuantitativos en campo, que posteriormente fueron analizados estadísticamente mediante la cual se comprobó la hipótesis de la investigación.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- Se empleó un Gps Garmin Gpsmap 64s, para determinar los puntos de muestreo y recolección de la muestra.

- Guía de observación de campo, la cual sirvió para la evaluación de los parámetros físicos del suelo, como: textura y color según la Tabla de colores Munsell M50215 USA.

- Guía Para el Muestreo de los Suelos, según el decreto supremo N° 002-2013-MINAM, estándares de calidad (ECA) para suelo, según el anexo 2. La cual se empleó para la recolección adecuada de las muestras de suelo agrícola, posteriormente se realizó un pre y post análisis en el laboratorio respectivo (ver anexo 3).

- Registro de control de campo, en la que se anotaron las observaciones semanales del proceso fisiológico de las plantas inoculadas estudiadas (tamaño de hojas, grosor del tallo, longitud de la raíz), ver anexo 4.

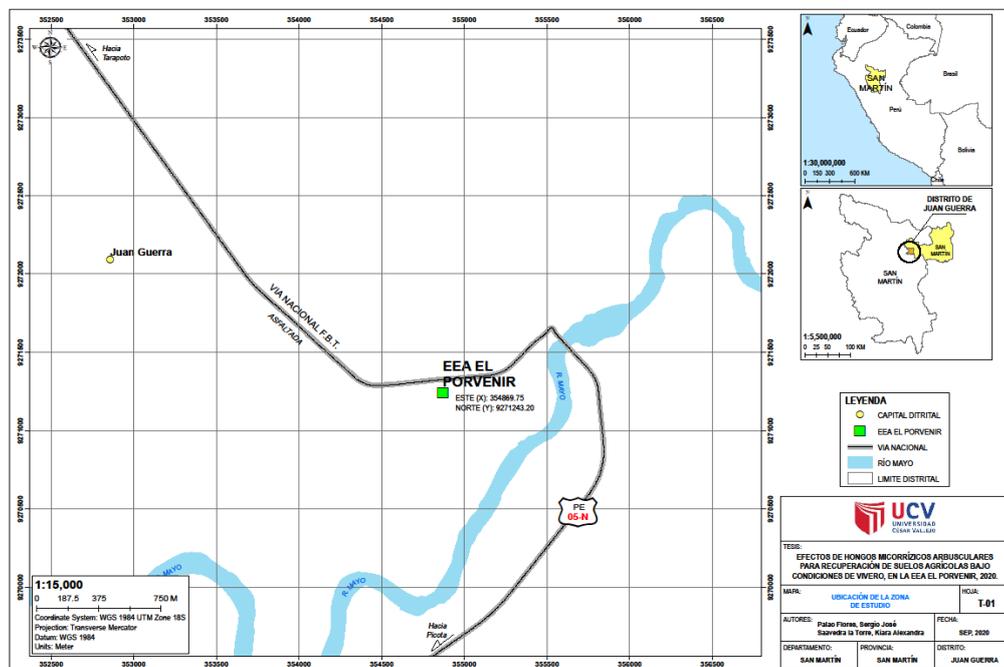
3.5. Procedimientos

3.5.1. Ubicación

La investigación se realizó en la estación experimental agraria, El Porvenir, ubicado en el distrito de Juan Guerra, con coordenadas 18T 354869 9271243 a una altitud de 330 m.s.n.m. en la provincia y región de San Martín.

3.5.1.1. Ubicación geográfica del área de estudio

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del punto de muestreo en El Distrito de Juan Guerra- San Martín.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2. Instalación del vivero

Se realizó la construcción y acondicionamiento del vivero con uso de materiales reciclados y característicos del lugar (Bambúes, retrasos de madera, etc.) Posteriormente se dividieron las unidades experimentales de modo aleatorio.

Figura 2. Acondicionamiento del vivero

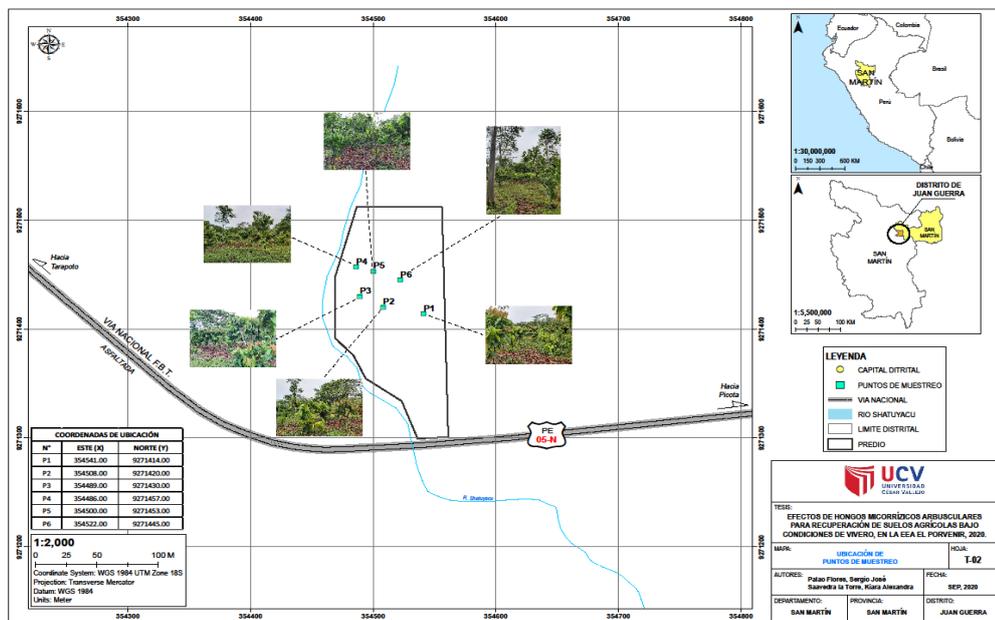


Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Identificación de lugar de extracción de la muestra

El área de trabajo se constituye por las instalaciones del Programa Nacional de Café y Cacao. Se tomó 6 puntos base por coordenadas designadas en zigzag (MINAM, 2013).

Figura 3. Mapa de los puntos de extracción de la muestra



Fuente: Elaboración propia.

3.5.4. Extracción del recurso suelo

Para la recolección del suelo agrícola, se identificó el área de producción de cacao con una extensión productiva de 2500 m², en la cual se ubicó 6 puntos según una distribución en zigzag (MINAM, 2013). Por cada punto se extrajo 20 kg de suelo, teniendo un total de 120 kg según la muestra de análisis. Después, se extrajo del total un kilo de muestra individual, la cual fue llevada al laboratorio para su respectivo análisis donde se determinó la concentración pseudototal de cadmio.

3.5.5. Pre análisis de suelo (Cd)

El pre análisis de suelo contaminado artificialmente con cadmio corresponde a la metodología de aplicación, toda vez que la finalidad del pre análisis es establecer valores iniciales antes de la aplicación del tratamiento con el complejo micorrízico, de tal manera la obtención de la data según los valores iniciales de Cd en el medio se empleará en posterior discusión de resultados.

El análisis pseudototal de cadmio se realizó en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Cultivos Tropicales- ICT. Para el análisis se empleó el Método 3050B FLAA-POSEDURE, la cual constó del siguiente procedimiento:

- a. Se realizó la mezcla de la muestra, efectuando movimientos circulares, con la finalidad de lograr homogeneidad para su posterior tamizado (si fuera pertinente realizarlo), consecutivamente se empleó un tamiz USS # 10.
- b. Todo el equipo utilizado para la homogeneización se desinfectó para minimizar el potencial de contaminación cruzada, esto corresponde para cada procedimiento de digestión, primeramente, se pesó con una precisión de 0,01 g, en segunda instancia se transfirió la muestra de 1-2 g (peso húmedo) a un recipiente de digestión, de acuerdo con la guía para muestras con alto contenido de líquido, un tamaño de muestra mayor puede usarse siempre que se complete la digestión.
- c. En el análisis de muestras para FLAA o ICP-AES, se agregó 10 mL concentrado de HCl a la muestra por digerir, posteriormente se cubrió con un vidrio de reloj, también puede ser pertinente emplear un dispositivo de recuperación de vapor.

- d. Se colocó la muestra sobre la fuente de calor y se dejó refluir a $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos.
- e. Por último, se filtró el digestato a través de papel de filtro Whatman No. 41 (o equivalente) posteriormente se recolectó. Se empleó un matraz aforado de 100 mL, para concluir se realizó la toma de volumen para el respectivo análisis por FLAA o ICP-AES.

3.5.6. Esterilización del suelo

Los 120 kg de suelo extraídos pasaron por un proceso de esterilización por autoclavado a 121°C durante 45 minutos, de esta manera garantizamos la interacción de forma aislada entre los HMA y el recurso suelo (Khan et al, 2017). Constando de tres repeticiones para asegurar el proceso de esterilización (ver anexo 7).

3.5.7. Pesado y distribución del suelo

Se empleó una balanza, con la finalidad de distribuir las cantidades de suelo requeridas de manera uniforme en los baldes, de esta manera se dispuso a colocar los 3 kg del recurso suelo por cada unidad experimental correspondiente al tratamiento empleado (ver anexo 8).

3.5.8. Contaminación con Cd

La contaminación se realizó de manera artificial, obteniendo el valor de contaminante requerida para la investigación, tomando en consideración una concentración objetiva de 5 mg kg^{-1} para lo cual se utilizó una solución concentrada de 1000 ppm en diluciones de 50 ml con agua destilada, la cual fue mezclada homogéneamente de manera envolvente en aplicación al suelo (Khan et al, 2017). El suelo contaminado artificialmente pasó por tres procesos de secado bajo sombra y humedecido, totalizando 20 días (ver anexo 9).

3.5.9. Post análisis de suelo (Cd)

El post análisis de suelo contaminado artificialmente con cadmio corresponde al intervalo de tiempo en el cual el complejo micorrízico interactuó con el agente contaminante (Cd), toda vez que la finalidad del post análisis es establecer valores

finales, de acuerdo con la aplicación del tratamiento con el complejo micorrízico, de tal manera; la obtención de la data según los valores finales de Cd en el medio se empleará en su posterior discusión.

El análisis pseudototal de cadmio se realizó en el Laboratorio de suelos del Instituto de Cultivos Tropicales- ICT. Para el análisis se empleó el Método 3050B FLAA-POSEDURE, la cual constó del siguiente procedimiento:

- a. Se realizó la mezcla de la muestra, efectuando movimientos circulares, con la finalidad de lograr homogeneidad para su posterior tamizado (si fuera pertinente realizarlo), consecutivamente se empleó un tamiz # 10.
- b. Todo el equipo utilizado para la homogeneización se desinfectó para minimizar el potencial de contaminación cruzada, esto corresponde para cada procedimiento de digestión, primeramente, se pesó con una precisión de 0,01 g, en segunda instancia se transfirió la muestra de 1-2 g (peso húmedo) a un recipiente de digestión, de acuerdo con la guía para muestras con alto contenido de líquido, un tamaño de muestra mayor puede usarse siempre que se complete la digestión.
- c. En el análisis de muestras para FLAA o ICP-AES, se agregó 10 mL concentrado de HCl a la muestra por digerir, posteriormente se cubrió con un vidrio de reloj, también puede ser pertinente emplear un dispositivo de recuperación de vapor.
- d. Se colocó la muestra sobre la fuente de calor y se dejó refluir a $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 15 minutos.
- e. Por último, se filtró el digestato a través de papel de filtro Whatman No. 41 (o equivalente) posteriormente se recolectó. Se empleó un matraz aforado de 100 mL, para concluir se realizó la toma de volumen para el respectivo análisis por FLAA o ICP-AES.

3.5.10. Obtención del material vegetal y pre-germinación

a) Obtención del material vegetal

La obtención del material vegetativo se realizó según la selección del híbrido IMC 67 x EET 400, por medio del cual se escogió una planta madre del híbrido que presentó características adecuadas para su selección (sin presencia de plagas).

Se empleó una tijera de poda, posterior a ello se seleccionó 3 ejemplares (mazorcas).

b) Pre-germinación

Se contabilizó todos los granos de las tres mazorcas seleccionadas, totalizando en 85 semillas, de las cuales fueron seleccionadas 40 (considerando el aspecto de mayor tamaño por su incidencia de desarrollo).

Se empleó aserrín para cubrir las semillas seleccionadas por tres días, con la finalidad de retener humedad y acelerar el crecimiento (Álava, 2015).

3.5.11. Conteo de esporas

Para la experimentación se emplearon cepas comerciales de HMA de fabricación Grow More, con sello de calidad de origen estadounidense (ver anexo 10).

Para el uso de las cepas se hizo un conteo previo de las esporas para asignar la dosificación adecuada a cada tratamiento experimental, mediante una guía de extracción de esporas micorrízicas (Gross, 2013):

1. Se pesó 50 gr de producto micorrízico en una balanza analítica.
2. Con uso de un Tamiz de 500 micras, se procedió a humedecer el producto, hasta pasarlo completamente y separa las partículas finas de las gruesas. Teniendo como resultado partículas finas (esporas).
3. Se colocó el resultante en un recipiente cerrado herméticamente y fue llevado a la centrífuga, la cual permitió que las partículas descendieran, separándolas.
4. Una vez más se llevó la muestra a un tamiz de 53 micras, colándola y separando las partículas, posteriormente fueron llevadas a las centrífuga 2 veces. Con una solución azucarada (sacarosa) de 50 %, al final se eliminó el sobrenadante.
5. Realizado eso, se procedió a color el resultante final en un recipiente de vidrio para el conteo en el estereoscopio y se hizo la lectura de las esporas extraídas.

Se determinó un total de 5 esporas endomicorrizas (glomerycoatas) en un gramo en producto comerciales de hongos micorrízicos (ver anexo 11).

3.5.12. Inoculación de HMA

Se pesaron los HMA, mediante una balanza analítica, de acuerdo a los tratamientos indicados: 5 g de complejo micorrizas x 3 kg de sustrato, 10 g de complejo micorrizas x 3kg de sustrato y 15 g de complejo micorrizas g x 3 kg de sustrato, posterior a ello se realizó la aplicación directa en el sustrato de acuerdo al diámetro aproximado de la semilla y profundidad, por último se sembró la semilla teniendo en cuenta que el brote radicular tenga contacto con los HMA (ver anexo 12).

3.5.13. Análisis en de caracterización de suelo

Para el análisis de caracterización de suelo en los parámetros fisicoquímicos, tales como N, P, K, CIC, se realizó a los 60 días posterior a la inoculación con HMA. Se inició extrayendo un gramo de suelo, posterior a ello se lavó la muestra con alcohol etílico (99°). Luego se dispuso a colocar la muestra lavada en un recipiente de vidrio con ácido sulfúrico y agua destilada y, fue llevada al Horno a 60° por 1 hora. Una vez filtrado y con una muestra transparente, se hizo la lectura con uso de un espectrofotómetro.

3.5.14. Análisis Biométrico

Altura de plántula de Cacao

La medición de la altura de plántulas de cacao se realizó desde la base del tallo hasta el ápice de la plántula. Las evaluaciones se realizaron cada semana durante 2 meses después de la inoculación con HMA, para ello se utilizó una regla de 30 cm, con todos los protocolos para evitar contaminación de los tratamientos.

Diámetro de Tallo de plántula de Cacao

Para la medición del diámetro de tallo se empleó un pie de rey, con todas las medidas de bioseguridad, para no alterar las unidades experimentales. Esta evaluación fue realizada cada semana por 2 meses después de la inoculación por HMA.

Peso de Biomasa en seco

Las plántulas de cacao fueron extraídas a los 60 días desde la inoculación con HMA; Se dispuso a humedecer el medio con agua para la facilidad de extracción y preservación total de la plántula de cacao. Posterior a ello, fueron sometidos por un periodo de 24 horas a la estufa a 60° C, una vez transcurrido el tiempo se pesó la parte aérea de cada unidad experimental en una balanza analítica.

3.5.15. Determinación de Colonización Micorrízica

La determinación de colonización micorrízica fue de acuerdo con la metodología de (Gross, 2013). Para ello se colocaron las raíces finas extraídas de cada unidad experimental en recipientes de plástico con 50% de alcohol 96° y 50 % de agua, posteriormente se colocaron las raíces en agua oxigenada para su conservación por 16 horas. Pasado el tiempo de conservación de las muestras, se dispuso a la tinción de raíces, se empleó hidróxido de potasio (KOH) 10 % en tubos de ensayo, por 24 horas para aclarar las raíces, transcurrido el tiempo se dispuso a poner las muestras en baño María por 30 minutos. Por consiguiente, se aplicó el tinte (Lactofenol) a las raíces, después se colocó en una placa de Petri cuadrículada para finalmente ser observadas en el microscopio.

3.5.16. Diseño estadístico- experimental

La investigación consistió en un diseño estadístico experimental, se empleó el diseño completamente al azar (DCA); con 5 tratamientos, 4 repeticiones y cada tratamiento tuvo 2 unidades experimentales, generando un total de 40 unidades experimentales.

Tabla 1. Descripción de tratamientos con HMA

Tratamientos	Descripción
T0	Testigo
T1	Testigo + CdCl ₂
T2	5 g x 3 kg + CdCl ₂
T3	10 g x 3 kg + CdCl ₂
T4	15 g x 3 kg + CdCl ₂

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos obtenidos en cada una de las variables de estudio se sometieron a un análisis de varianza ANOVA y comparación entre las medias, utilizando la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), en el programa estadístico IBM SPSS 22.0 para Windows. Se distribuyeron por medio de tablas correspondientes a cada experimentación realizada en el vivero, de la misma manera, se aplicó la comparación de los valores iniciales y finales de la muestra de recurso trabajado.

3.7. Aspectos éticos

Para el desarrollo y elaboración del trabajo de investigación, se tomó en cuenta la guía de productos observables, en la cual se aplicaron las normas ISO esto tomado como un indicador de calidad, como también las normativas vigentes del MINAM, sean estas ECAs de suelo, y la cual se estipula los LMP del recurso.

Del mismo modo se respetó la toma de antecedentes de autores según guarden similitud a la variable de estudio, en cual se tomaron en cuenta los lineamientos de la Conducta Responsable en Investigación (CRI) del CONCYTEC, como los de plagio, publicación adecuada y auditoría, manifestando la correcta forma de citarlos y referenciar su aporte a la investigación. Cabe recalcar que los investigadores cuentan con certificado de CRI, avalando así la ética en la investigación (ver anexo 13).

Para que las actividades a realizar dentro de la Institución tengan seguimiento administrativo y formalidad legal se realizó la entrega completa de toda la documentación requerida entre la Universidad César Vallejo y el Instituto Nacional de Innovación Agraria, en su EEA, el Porvenir. Al realizar la experimentación, los datos obtenidos fueron respetados de acuerdo con su resultado, sin ningún tipo de alteración, asegurando un resultado verdadero.

IV. RESULTADOS

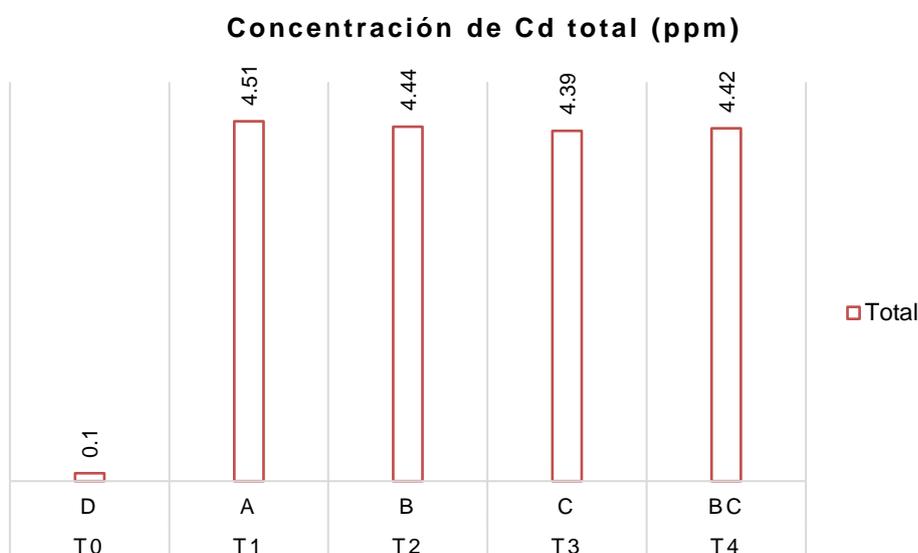
Metales pesados

Tabla 2. Análisis de varianza para Cd Total de plántulas de cacao bajo condiciones de vivero (EEA, El porvenir, 2020).

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	60.217	15.0543	65931	< 2.2e-16 ***
Residuos	15	0.003	0.0002		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de cadmio Total entre los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para metales pesados (Cd total) que fueron evaluados a los 60 días, en donde se puede apreciar una diferencia relativamente significativa entre los tratamientos aplicados.

En el análisis de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), presentadas en la Figura 4, para la concentración de Cd total; Se observó que los tratamientos T1 y T2, tuvieron el mayor promedio de concentración de Cadmio total en el suelo agrícola de cada unidad experimental, seguida por el tratamiento T4=4.42 (ppm) y

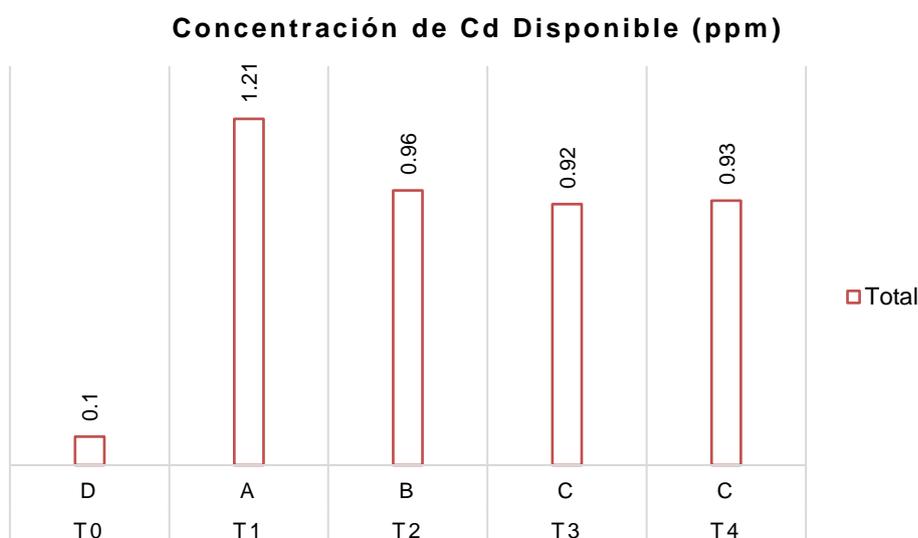
T3= 4.39 (ppm). Así mismo el tratamiento T0 (testigo), al no ser contaminado artificialmente con CdCl₂, presentó el menor promedio con 0.1 (ppm).

Tabla 3. Análisis de varianza Cd Disponible

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	2.75567	0.68892	2222.3	< 2.2e-16 ***
Residuos	15	0.00465	0.00031		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de cadmio disponible en los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para metales pesados (Cd disponible) que fueron evaluados a los 60 días, en donde se puede apreciar una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados de la absorción de Cd para las plántulas de Cacao.

Para el análisis de comparación de medias presentadas en la Figura 4, se empleó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), para la concentración de Cd disponible; donde se muestra que los tratamientos T1=1.21 y T2=0.96, tuvieron el mayor promedio de concentración de Cadmio disponible en el suelo agrícola de cada unidad experimental, seguida por el tratamiento T4=0.93 (ppm) y T3= 0.92 (ppm). Así

mismo el tratamiento T0 (testigo), al no ser contaminado artificialmente con CdCl₂, presentó el menor promedio con 0.1 (ppm).

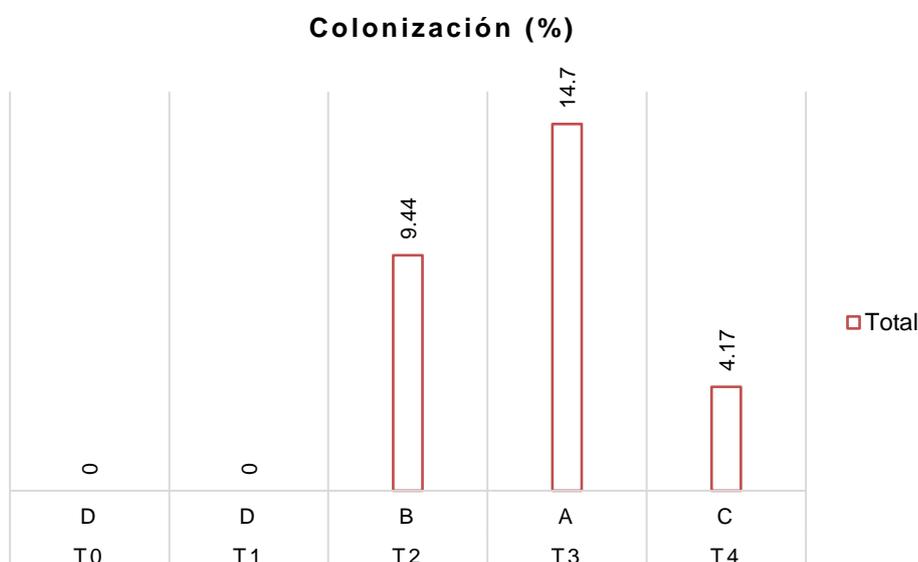
Capacidad de Colonización- HMA

Tabla 4. Análisis de varianza % de Colonización Micorrízica

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	649.84	162.460	183.28	1.54e-12 ***
Residuos	15	13.30	0.886		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de colonización de HMA en las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, en donde se determina el porcentaje de Colonización de HMA entre los tratamientos que fueron evaluados a los 60 días post inoculación, en donde se puede apreciar una diferencia significativa.

Para el análisis de comparación de medias presentadas en la Figura 7, se empleó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), para la determinación de colonización (%) donde se

muestra que el tratamiento T3 tuvo el mayor porcentaje con 14.7 % de colonización de HMA en el suelo agrícola, seguida por los tratamientos T2=9.44 % y T4=4.17% con diferencias significativas. Así mismo los tratamientos que presentaron menor porcentaje de colonización fueron T0=0.00 y T1=0.00, ya que no se dispuso ninguna dosificación de HMA para estos tratamientos.

Parámetros Físicoquímicos

Tabla 5. Parámetros físicos de las unidades experimentales

Textura			Color
%	%	%	
Arena	Arcilla	Limo	7 YR 5/6
31.5	49.5	19	
Arcilloso			

Fuente: Elaboración propia.

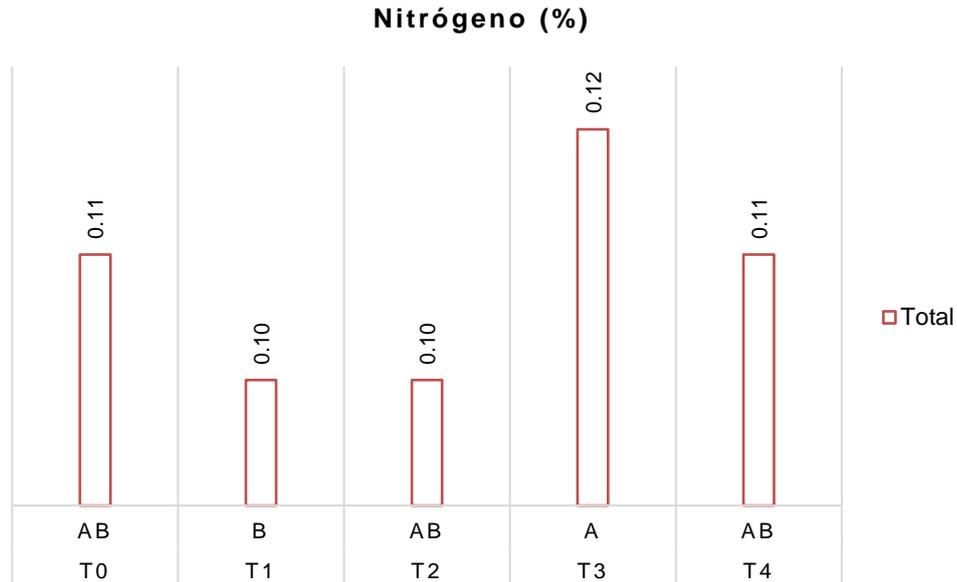
En la tabla 5, se determinó que, los suelos de uso agrícola de la EEA, El Porvenir, presentan una clase textural arcillosa, ya que presentan un porcentaje de Arcilla del 49.5 %. Con un color Strong Brown (marrón fuerte), 7 YR 5/6, de acuerdo con la tabla de colores Munsell para suelos.

Tabla 6. Análisis de varianza % de Nitógeno

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	0.00056974	0.00014243	3.7982	0.02709 *
Residuos	15	0.00052500	0.00003750		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de nitrógeno entre las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, en donde se determina el porcentaje de Nitrógeno entre los tratamientos que fueron evaluados a los 60 días, en donde se puede apreciar una diferencia significativa.

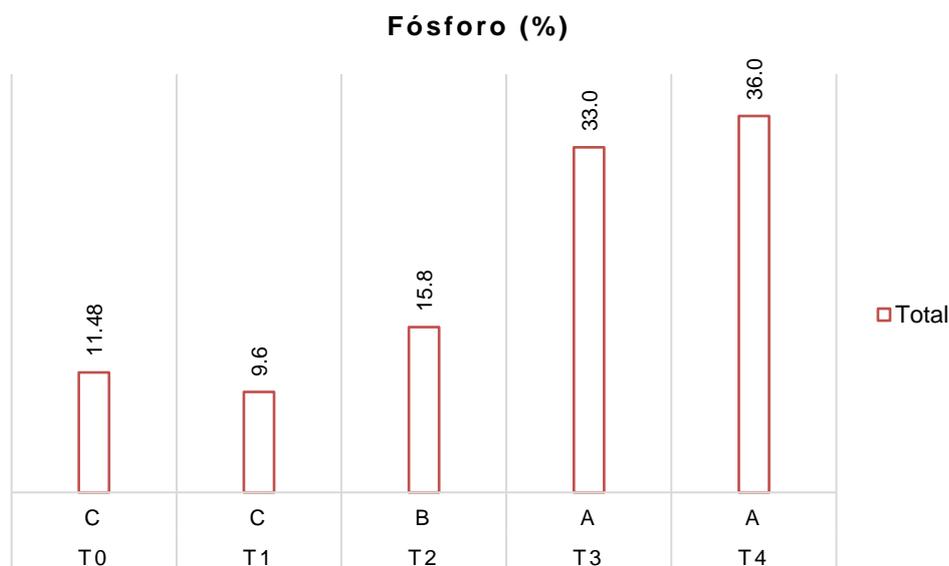
Para el análisis de comparación de medias presentadas en la Figura 7, se empleó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), para la determinación de N (%) donde se muestra que el tratamiento T3 tuvo el mayor porcentaje con 0.12 % de concentración de Nitrógeno en el suelo agrícola, seguida por los tratamientos T0 y T4 con 0.11 %. Así mismo los tratamientos que presentaron menor porcentaje de N fueron T1=0.10 y T2=0.10.

Tabla 7. Análisis de varianza % de Fósforo

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	2098.25	524.56	420.38	2.078e-14 ***
Residuos	15	17.47	1.25		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de Fósforo entre las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, en donde se determina el porcentaje de Fosforo presentes en el suelo de los tratamientos que fueron evaluados a los 60 días, en donde se puede apreciar una diferencia significativa.

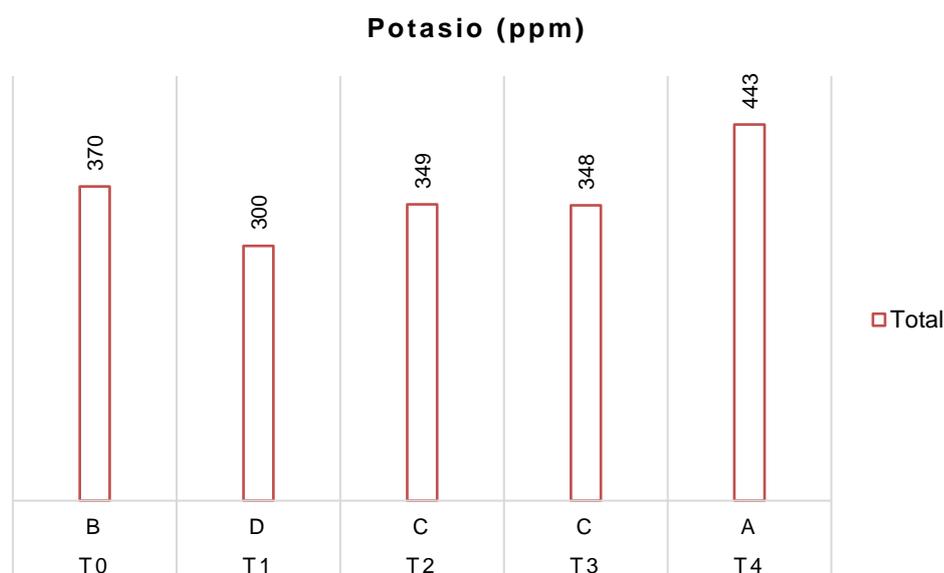
Para el análisis de comparación de medias presentadas en la Figura 8, se empleó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), para la determinación de P (%) donde se muestra que los tratamientos que tuvieron mayor porcentaje fueron T4 con 36.0 % y T3 con 33.0 % de concentración de Fósforo en el suelo agrícola. Así mismo los tratamientos que presentaron menor porcentaje de P fueron T0=11.48 y T1=9.6.

Tabla 8. Análisis de varianza de Potasio (ppm)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	0.237800	0.059450	407.66	2.572e-14 ***
Residuos	15	0.002042	0.000146		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de concentración de porcentaje de Potasio entre las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, en donde se determina la concentración de Potasio presentes en el suelo de los tratamientos que fueron evaluados a los 60 días, en donde se puede apreciar una diferencia significativa.

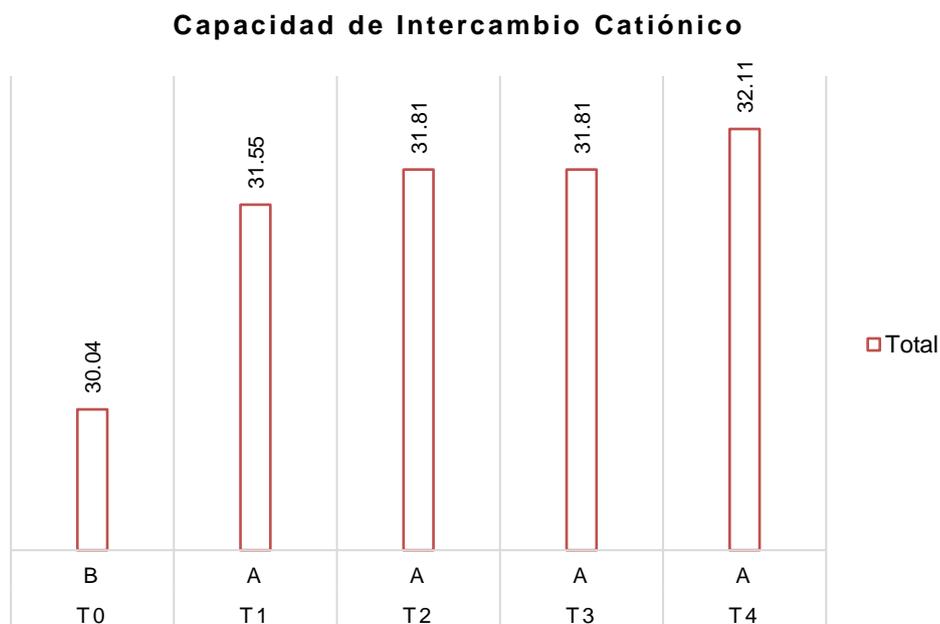
Para el análisis de comparación de medias presentadas en la Figura 9, se empleó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), para la determinación de K (ppm) donde se muestra que los tratamientos que tuvieron mayor concentración fueron T4 con 443 y T0 con 370 de concentración de K en el suelo agrícola. Así mismo el tratamiento que presentó menor porcentaje de K fue T1=300.

Tabla 9. Análisis de varianza de la Capacidad de intercambio Catiónico

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	15.2703	3.8176	16.215	3.756e-05 ***
Residuos	15	3.2961	0.2354		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de la Capacidad de intercambio Catiónico entre las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, en donde se determina la capacidad de intercambio catiónico presente en el suelo de los tratamientos que fueron evaluados a los 60 días, posterior a la inoculación con HMA.

Para el análisis de comparación de medias presentadas en la Figura 10, se empleó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), para la determinación de la capacidad de intercambio catiónico, donde se muestra que el tratamiento que tuvo mayor concentración fue T4 con 32.11, seguida por los tratamientos T1, T2, T3, las cuales no tuvieron diferencias significativas. Así mismo el tratamiento que presentó menor concentración de CIC fue T0=30.04.

Parámetros Biométricos

Tabla 10. Análisis de varianza del peso de biomasa en seco de las plántulas de Cacao.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	0.04073	0.0101825	1.4595	0.2635
Residuos	15	0.10465	0.0069767		

Fuente: Elaboración propia.

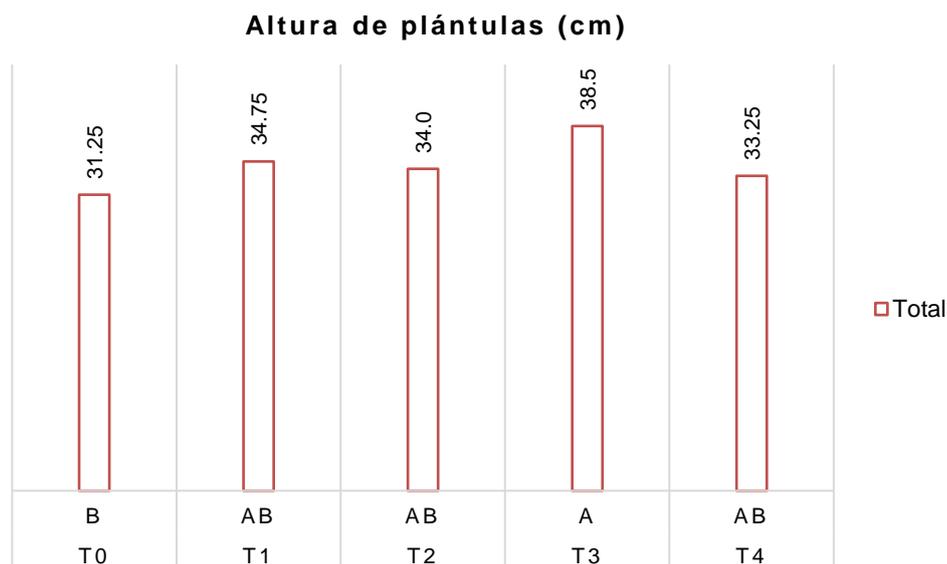
En la Tabla 10, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para el peso de biomasa en seco de las unidades experimentales, que fueron evaluados a los 60 días, en donde no se presenta una diferencia significativa entre los tratamientos aplicados.

Tabla 11. Análisis de varianza de la altura de las plántulas de Cacao.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	113.17	28.2928	3.2668	0.04337 *
Residuos	15	121.25	8.6607		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), de la altura entre las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 11, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para la altura de plántulas de cacao, que fueron evaluados a los 60 días, posterior a la inoculación con HMA.

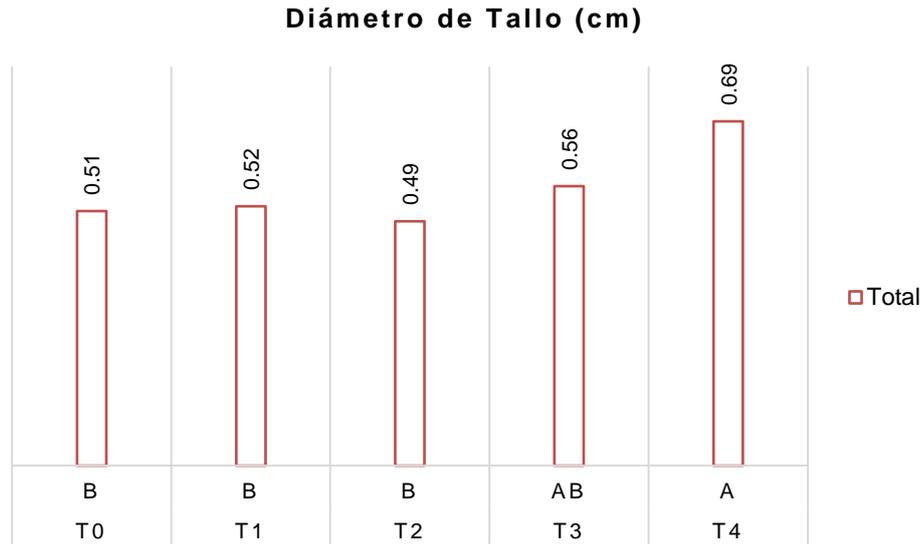
En el análisis de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), presentadas en la Figura 11, para la concentración de Cd total; Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de altura fue T3= 38.5 cm, seguida por los tratamientos T1=34.71, T2=34 cm y T4=33.25 cm respectivamente, sin diferencias significativas. Así mismo el tratamiento T0 que presentó el menor promedio con 31.25 cm.

Tabla 12. Análisis de varianza del diámetro del tallo de las plántulas de Cacao.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamientos	4	0.102402	0.0256004	5.1079	0.009469 **
Residuos	15	0.070167	0.0050119		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Gráfico de comparación de las medias por Tukey ($p \leq 0,05$), del diámetro de Tallo de las unidades experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 12, Se presenta el análisis de varianza realizado en ANOVA, para el diámetro de tallo de las plántulas de cacao, que fueron evaluados a los 60 días, posterior a la inoculación con HMA.

En el análisis de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), presentadas en la Figura 12, para el promedio del diámetro de tallo de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de diámetro de tallo fue T4= 0.69 cm, seguida por los tratamientos T3=0.56, T1=0.52 cm y T0=0.51 respectivamente, con diferencias relativamente significativas. Así mismo el tratamiento T2 que presentó el menor promedio con 0.49 cm.

V. DISCUSIONES

5.1. METALES PESADOS (Concentración de Cd Total y Cd Disponible).

5.1.1. Concentración de Cd Total

De acuerdo con la data recolectada según análisis de varianza realizado en el presente estudio, se manifiesta la significativa disminución de este elemento potencialmente tóxico en el recurso suelo, cabe mencionar, que dicha experimentación se realizó a nivel de vivero, contaminando el sustrato artificialmente con CdCl₂ y utilizando como indicador vegetativo al híbrido IMC 67 x EET 400, en un intervalo de tiempo de 60 días.

La experimentación evidencia un mayor índice en disminución de valores ppm correspondiente a los tratamientos T4=4.42 (ppm) y T3= 4.39 (ppm), según comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), presentadas en la Figura 4, en cuanto a los tratamientos T1 y T2, tuvieron el mayor promedio de concentración de Cadmio total en sustrato de acuerdo con cada unidad experimental. Así mismo el tratamiento T0 (testigo), al no ser contaminado artificialmente con CdCl₂, presentó el menor promedio con 0.1 (ppm); Lo anteriormente expuesto, rescata la posibilidad de remediar el suelo toda vez que este adquiriera un elemento altamente tóxico para el recurso suelo y el ser humano, de dicha manera los conocimientos adquiridos en la investigación servirán de soporte para ejecutar futuras experimentaciones, dentro de este marco, (Göhre y Paszkowski 2006), explica la importancia de llevar a cabo más estudios direccionado a la interacción micorrízica y los materiales vegetativos en suelos contaminados, con la finalidad de aumentar la eficacia de los procesos de remediación por medios naturales.

5.1.2. Concentración de Cd Disponible

La concentración de Cd disponible consta en la absorción de este elemento totalmente tóxico (CdCl₂) en las unidades experimentales correspondiente a cada tratamiento, se utilizó el híbrido IMC 67 x EET 400 a nivel de indicador biológico, ya que este estuvo expuesto al sustrato contaminado por un periodo de tiempo de 60 días.

De acuerdo con la data recolectada se evidencia una variación entre los tratamientos aplicados, determinando la absorción de Cd para las plántulas del híbrido; los análisis demuestran que los tratamientos T1=1.21 (ppm) y T2=0.96 (ppm), tuvieron mayor promedio de concentración de Cd disponible, correspondiente a cada unidad experimental, seguida por el tratamiento T4=0.93 (ppm) y T3= 0.92 (ppm). Así mismo el tratamiento T0 (testigo), al no ser contaminado artificialmente con CdCl₂, presentó el menor promedio con 0.1 (ppm).

5.2. Capacidad de Colonización

Se empleó el uso de cepas comerciales del complejo micorrízico de fabricación GROW MORE, en cada unidad experimental correspondiente a los tratamientos T2, T3 Y T4; el complejo micorrízico estuvo asociado a nivel radicular por medio de los procesos de simbiosis en la rizósfera por el espacio de 60 días, la capacidad de colonización se efectuó de acuerdo con la metodología de (Gross, 2013).

Transcurrido el tiempo de la experimentación (60 días), se determinó la concentración de porcentaje de colonización de HMA en las unidades experimentales por medio de la comparación de medias por Tukey ($p \leq 0,05$), determinando que; la evaluación de colonización (%) demuestra que el tratamiento T3 tuvo el mayor porcentaje con 14.7 % de colonización de HMA en el suelo agrícola, debido a la cuantificación con base en la presencia de las estructuras fúngicas dentro de la raíz (hifas, arbusculos y vesículas), como lo estipula (Giovannetti y et al., 1980); si bien es cierto que, los tratamientos T2=9.44 % y T4=4.17% presentan diferencias significativas. Se hace necesario resaltar, que los tratamientos que presentaron menor porcentaje de colonización fueron T0=0.00 y T1=0.00, ya que no se dispuso ninguna dosificación de HMA para estos tratamientos.

5.3. Parámetros Físicoquímicos

La determinación de estos parámetros fue de crucial importancia, debido a que los valores actúan a nivel indicativo del recurso suelo, debido a los repetitivos procesos que suscitaron los microorganismos endófitos y las células corticales de la raíz.

La recolección del suelo tiene origen agrícola debido a que proviene de la EEA, El Porvenir, y el campo de cultivo donde se extrajo pertenece a la producción de

diversos genotipos de la especie vegetativa *Theobroma Cacao*; cabe mencionar, que el recurso presenta una clase textural arcillosa, debido a un mayor porcentaje de Arcilla (49.5 %), en su composición del grupo textural, el medio presenta un color Strong Brown (marrón fuerte) de acuerdo con lo descrito en la tabla de colores Munsell M50215 USA.

Se realizó la determinación de N (%) donde se muestra que el tratamiento T3 tuvo el mayor porcentaje con 0.12 % de concentración de Nitrógeno en el suelo agrícola, seguida por los tratamientos T0 y T4 con 0.11 %. Así mismo los tratamientos que presentaron menor porcentaje de N fueron T1=0.10 y T2=0.10.

Se realizó la determinación de P (%) donde se muestra que los tratamientos que tuvieron mayor porcentaje fueron T4 con 36.0 % y T3 con 33.0 % de concentración de Fósforo en el suelo agrícola. Así mismo los tratamientos que presentaron menor porcentaje de P fueron T0=11.48 y T1=9.6. Se hace necesario resaltar que, (Rev. ICA, 2011) describe que la presencia de metales pesados en el recurso o el sustrato altera la disponibilidad de nutrición en plantas. La disminución o poca disponibilidad de P provoca una reducción del desarrollo fisiológico. El empleo de HMA en procesos de remediación ha sido propuesto debido a que mejora la adquisición de P de acuerdo con la vía del micelio externo.

Se realizó la determinación de K (ppm) donde se muestra que los tratamientos que tuvieron mayor concentración fueron T4 con 443 y T0 con 370 de concentración de K en el suelo agrícola. Así mismo el tratamiento que presentó menor porcentaje de K fue T1=300.

Se realizó la determinación de la capacidad de intercambio catiónico, donde se muestra que el tratamiento que tuvo mayor concentración fue T4 con 32.11, seguida por los tratamientos T1, T2, T3, las cuales no tuvieron diferencias significativas. Así mismo el tratamiento que presentó menor concentración de CIC fue T0=30.04.

5.4. Parámetros Biométricos

Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de altura fue T3= 38.5 cm, seguida por los tratamientos T1=34.71, T2=34 cm y T4=33.25 cm

respectivamente, sin diferencias significativas. Así mismo el tratamiento T0 que presentó el menor promedio con 31.25 cm.

Se identificó el promedio del diámetro de tallo de las plántulas de cacao. Se observó que el tratamiento que tuvo el mayor promedio de diámetro de tallo fue T4= 0.69 cm, seguida por los tratamientos T3=0.56, T1=0.52 cm y T0=0.51 respectivamente, con diferencias relativamente significativas. Así mismo el tratamiento T2 que presentó el menor promedio con 0.49 cm.

VI. CONCLUSIONES

6.1. En la presente investigación se determinó la efectividad de los HMA para la recuperación de suelos agrícolas, según la data obtenida del post análisis se efectúa dicha afirmación; por ende, de acuerdo con las discusiones planteadas y toda vez determinado el tratamiento con mayor efectividad, se puede constatar la acción benéfica de los hongos micorrízicos arbusculares en la remediación de suelos contaminados con cadmio.

6.2. La evaluación de las concentraciones de cadmio total y disponible en el suelo se realizó de acuerdo con el método EPA N° 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils SW-846 Ch 3.2 www 12/01/1996; el cuál se desarrolló mediante un análisis de digestión ácida de sedimentos, lodos y suelos empleando la técnica de EAA electrotérmica (lodos y suelos).

Se concluye que la disposición del cadmio en el recurso suelo varió relativamente toda vez aplicado la metodología de acción (dosis de aplicación del complejo micorrízico, según U.E. correspondientes a: T0, T1, T2, T3, T4); se predispone la efectividad en remediación de suelos al intervalo de tiempo en el cual fue expuesto al complejo micorrízico.

6.3. Se analizó la capacidad de colonización de los HMA, cuyo resultado con mayor porcentaje en determinación de colonización (%) pertenece al tratamiento T3, este tuvo el mayor porcentaje con 14.7 % de colonización de HMA en el suelo agrícola, cabe mencionar el uso de cepas comerciales del complejo micorrízico de fabricación GROW MORE, en cada unidad experimental correspondiente a los tratamientos donde hubo inoculación micorrízica.

6.4. Se diferenció los parámetros fisicoquímicos del recurso suelo en el cual se desarrolló la experimentación en adición del complejo micorrízico y las plántulas de *Tehobroma Cacao*, del mismo modo se analizó los parámetros biométricos de las 40 unidades experimentales del híbrido IMC 67 x EET 400 constatando el peso de biomasa seco, longitud de la plántula y el diámetro del tallo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de HMA para el control en presencia de Cd por mostrar resistencia ante este y mejorar el desarrollo fisiológico de las plántulas de Cacao.
2. Emplear la metodología estudiada, con aplicación de cepas nativas, para posteriormente comparar la aplicación de ambas cepas y su incidencia en suelos contaminados.
3. Desarrollar investigaciones con diferentes tipos de especies vegetales o genotipos, bajo condiciones de vivero, para comprobar su resistencia, pero con un tiempo de aplicación de más de 72 días.
4. Hacer pruebas en campo utilizando los inóculos HMA en diferentes cultivos para determinar el efecto en distintos metales pesados o agroquímicos

REFERENCIAS

ÁLAVA, Abraham. *Aprovechamiento de los residuos de la industria maderera en la elaboración de sustratos para la germinación de plantas de cacao. Tesis (Título profesional). Machala: Universidad Técnica de Machala, 2015. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1140>*

Agricultura y alimentos [en línea]. Bancomundial.org. 23 de septiembre de 2019. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>

BÁEZ, Ana, GÓMEZ, Mariela, VILLEGAS, Javier. *Inoculation with mycorrhizal fungi and urea fertilization of fraxinus uhdei plants in Acrisols from degraded sites. Botanical Sciences* [en línea]. 2015, n. °3. [Fecha de consulta: 30 de abril].
Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v93n3/v93n3a8.pdf>
ISSN: 2007-4476

Beneficios de las Micorrizas sobre el Estrés en Plantas [en línea]. México: Intagri. 16 de enero de 2017. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].
Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/beneficios-de-las-micorrizas-sobre-el-estres-en-plantas>

CARRILLO, Eugenio. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de *Heliconia stricta*. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas* [en línea]. 30 de junio - 13 de agosto 2019, n. °5. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]
Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n5/2007-0934-remexca-10-05-1057.pdf>
ISSN: 2007-0934

DURÁN, Paola. Endophytic selenobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus for Selenium biofortification and *Gaeumannomyces graminis* biocontrol. *J. Soil Sci. Plant Nutr. ambient* [en línea]. 2018, n. °4. [Fecha de consulta: 30 de abril].

Disponible en

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162018000401021&lang=es)

[95162018000401021&lang=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162018000401021&lang=es)

ISSN: 0718-9516

FAO. La contaminación del suelo: una realidad oculta [en línea]. 1.ª ed. Springer International Publishing, 2019. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

ISBN: 9789251316399

FERNANDES, Mônica. *Arbuscular mycorrhizal fungi and auxin associated with microelements in the development of cuttings of Varronia leucocephala*. Rev. bras. eng. agríc. ambient [en línea]. 2019, n. °3. [Fecha de consulta: 30 de abril].

Disponible en

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662019000300167&lang=es)

[43662019000300167&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662019000300167&lang=es)

ISSN: 1807-1929

FONSECA, Arley. *Arbuscular mycorrhizal fungus on the initial growth and nutrition of Coffea arabica L. genotypes*. Agricultural sciences [en línea]. 2019.

[Fecha de consulta: 30 de abril].

Disponible en

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542019000100223&lang=es)

[70542019000100223&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542019000100223&lang=es)

ISSN: ISSN 1981-1829

GARITA, Sebastian. *Mycorrhization and grafting improve growth in the tomato and reduce the population of Nacobbus aberrans*. Crop Science [online]. November 2019, n. °4.

Disponible en: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190072>

ISSN 1806 – 6690

GARZÓN, Lina. *Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana*. Luna azul [en línea]. Enero - junio 2016, n. °42. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponível em <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n42/n42a14.pdf>

ISSN: 1909-2474

GETACHEW, Yilma. *The Role of Mycorrhizal Fungi in Pepper (Capsicum annuum) Production*. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences [en línea]. Enero 2019, n. °12. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponível em: <https://ijarbs.com/pdfcopy/2019/dec2019/ijarbs8.pdf>

ISSN: 2348-8069

GROSS, E. ; SANTOS, J. M. F. ; Pereira, L. S. ; SANTOS, M. F. ; Silva, V. C. ; ALVES, P. A. C. Microbiologia Ambiental - II Workshop em Biologia e Biotecnologia: Saúde e Meio Ambiente. 2013. (Curso de curta duração ministrado/Outra).

HERNÁNDEZ, Gina, ÁLVAREZ, Natalia, RÍOS, Leonardo. *Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática*. Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria [en línea]. Enero-abril 2017, n. °1. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n1/v18n1a09.pdf>

ISSN: 0112-8706

HERNÁNDEZ, Cesar. Disponibilidade, remediação e variabilidade espacial de metais pesados em um solo naturalmente contaminado do platô de Irecê, Bahia. Tesis de post grado. Brasil: Universidade Estadual de Santa Cruz, 2016.

Disponível:

<http://nbcgib.uesc.br/ppgpv/painel/paginas/uploads/d52bcc820b507e30e93cb7088726d501.pdf>

IZQUIERDO, Juan. Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de agroquímicos en la parroquia San Joaquín. Tesis (Título profesional). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2017.

Disponible en
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

LAGOS, Claudio. *Dual inoculation with mycorrhizal and saprotrophic fungi suppress the maize growth and development under phenanthrene exposure*. J. Soil Sci. Plant Nutr [en línea]. 2018, n. °3. [Fecha de consulta: 30 de abril].

Disponible en
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162018000300721&lang=es
ISSN: 0718-9516

La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro [en línea]. FAO. 2 de mayo de 2018. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>

La degradación del suelo a nivel mundial empeora y ahora es "crítica", poniendo en riesgo el bienestar de 3200 millones de personas [en línea]. Ipbes.net. 2015. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponible en: <https://ipbes.net/news/comunicado-de-prensa-la-degradaci%C3%B3n-del-suelo-nivel-mundial-empeora-y-ahora-es-cr%C3%ADtica-poniendo>

MENGE Jhon. *Effect of Soil Fumigants and Fungicides on Vesicular-Arbuscular Fungi*. Department of Plant Pathology, University of California, Riverside [online] 2017. n. °8.

Metodología para la investigación, pautas para hacer tesis [Mensaje en un blog]. Moreno, E., (12 de agosto de 2013). [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2020]. Recuperado de <http://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/disenos-cuasi-experimentales.html>

Minagri. *Exportaciones agrarias llegaron a 135 países y sumaron casi US\$ 3,000 millones entre enero-julio* [en línea]. Seia.minagri.gob.pe. 05 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponible en: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=noticias/exportaciones-agrarias-llegaron-135-pa%C3%ADses-y-sumaron-casi-us-3000-millones-entre-enero>

MONJE, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa [en línea]. Nieva 2011. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2020].

Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

MONTAÑO, Noé. *Biorremediación de suelos y aguas*. Rev. Int. Contam. Ambie [en línea]. Abril 2015, n. °2. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]

Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v31n2/v31n2a10.pdf>

ISSN: 1211-2277

MUJICA, Yonaysi, MEDINA, Aida, RODRÍGUEZ, Evelyn. *Inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and plant growth promoting bacteria in peanut culture (arachis hypogaea l.) Tropical Crops* [en línea]. Abril- junio 2017, n. °2. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n2/ctr02217.pdf>

ISSN: 1819-4087

ORBE, Gaby. Efecto bioprotector de diferentes especies de hongos micorrízicos arbusculares sobre nematodos del nobulo *Meloidogyne incognita* en plantulas de Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* L. Tesis (Título de pregrado). Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, 2019.

Disponible en:

http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6132/Gaby_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PELÁEZ, José, BUSTAMANTE, John, GÓMEZ, Eyder. Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de *brachiaria* en la magdalena medio colombiano [en línea]. Julio-diciembre,

2016, n.o 43. [Fecha de consulta: 30 abril del 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321745921005.pdf>

ISSN: 1909-2474

Problemas de degradación de suelo en el mundo [X Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo]. Ecuador: Ildefonso S. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2020]. Recuperado de: <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-Problemas-de-Degradacion.pdf>.

Plan operativo institucional (POI) [En línea]. Perú: Dirección regional de agricultura San Martín-DRASAM, 2018 [Fecha de consulta: 30 de abril del 2020]. Recuperado de: https://www.drasam.gob.pe/public/docs/POI_2018_DESCRIPTIVO.pdf

Revista chilena de estudios y políticas agrarias [En línea]. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura, 2013 [Fecha de consulta: 30 de abril del 2020]. Recuperado de: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricola201310.Pdf>

PANKAJ, Chaurasia. *Significances of Fungi in Bioremediation of Contaminated Soil. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* [online]. 2019. 281 – 294 pp.

PÉREZ, Alexander, ROJAS, Jhoanna, MONTES, Donicer. *Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano*. Rev. Colombiana cienc. Anim. [en línea]. 2011, n. °2. [Fecha de consulta: 30 de abril] Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3817504.pdf>
ISSN: 2027-4297

QUINTELLA, Cristina. *Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils*. Journal of Environmental Management [online]. July 2019. 156 – 166 pp.

REMY, Widfried, TAYLOR, Thomas, HASS, Hagen, KERP, Hans. Four hundred million year old vesicular arbuscular mycorrhizae [en línea]. Diciembre 1994, n.o 91. [Fecha de consulta: 30 de abril].

Disponible en <https://www.pnas.org/content/pnas/91/25/11841.full.pdf>
ISSN: 11841-11843.

Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios [en línea]. Perú: Minagri. Enero del 2016. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/programas-presupuestales/inf-programa/anexo2-pp89-2017.pdf>

RODRÍGUEZ, Daniela. Investigación aplicada: características, definición, ejemplos [en línea]. Lifeder.com. 7 de enero de 2019. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2020]

Disponible en: <https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>

SABOYA, Anabel. Evaluación del efecto bioprotector de hongos micorrízicos arbusculares nativos sobre roya (*Hemileia vastatrix*) en café (*Coffea arabica*) variedad caturra bajo condiciones de vivero en la Región San Martín. Tesis (Título de pregrado). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3272/AGRONOMIA%20-%20Anabel%20Saboya%20Pisco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SINGH, Dileep. *Pesticide Chemistry and Toxicology*. En: *Toxicology: Agriculture And Environment*. 2012. pp. 834-843

ISBN: 9781608051373

SILVA, Sandra, CORREA, Francisco. *Soil contamination analysis: a review of norms and economic regulation possibilities* [en línea]. Enero-junio 2009, n.º 23. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
ISSN: 0120-6346

WANG, Ziru. *The performance of biochar – microbe multiple biochemical material on bioremediation and soil micro – ecology in the cadmium aged soil*. Science The Total Environment [online]. October 2019. 719 – 728 pp.

XIAOMIN Li. *Bioremediation of cadmium – and zinc – contaminated soil using Rhodobacter sphaeroides*. Chemosphere [online]. April 2018. 33 - 41 pp.

ANEXO

ANEXO N°2: GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO		N° : 01 Fecha :	 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO INGENIERIA AMBIENTAL
LUGAR DE INVESTIGACIÓN		DISTRITO		DEPARTAMENTO	
EEA, EL PORVENIR		JUAN GUERRA		SAN MARTÍN	
RESPONSABLES:		Sergio José Palao Flores		Kiara Alexandra Saavedra la Torre	
		DNI:	72434894	DNI:	75325193
PROYECTO: Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares - HMA para recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020.					
NOMBRE PUNTO DE MUESTREO:		COORDENADAS (UTM,WGS84) :			
		X:		Y:	

PRUEBA:	PARÁMETROS FÍSICOS:		PARÁMETROS QUÍMICOS:	OBSERVACIONES
	Textura:	Color:	pH:	
PRE				
POST				

ANEXO N°3: VALIDACIÓN REGISTROS DE CONTROL DE CAMPO



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Verde Girbau, Carlos.

Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín.

Especialidad : Ingeniero Agrónomo

Instrumento de evaluación : Registro de Control de Campo.

Autor del instrumento : Sergio José Palao Flores / Kiara Alexandra Saavedra la Torre

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

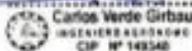
CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Hongos Micorrízicos Arbusculares.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, 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: Recuperación de suelos agrícolas .				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: Recuperación de suelos agrícolas .					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
PUNTAJE TOTAL						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Tarapoto, 29 de junio de 2020

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: **Condori Moreno, Delbert Eleasil.**

Institución donde labora : Universidad César Vallejo
 Especialidad : Ingeniero Ambiental.
 Instrumento de evaluación : Guía de Observación de Campo.
 Autor del instrumento : **Sergio José Palao Flores / Kiara Alexandra Saavedra la Torre**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
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, 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 las variables: Hongos Micorrizicos Arbusculares.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, 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: Recuperación de suelos agrícolas .					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: Recuperación de suelos agrícolas .					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
PUNTAJE TOTAL		48				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es coherente con la información que se pretende recopilar. Agregar un espacio bien definido para la firma de los que aplican el instrumento. Considerar el número de versión del instrumento.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

48



Tarapoto, 29 de junio de 2020

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: **Arévalo Hernández, César Oswaldo**
 Institución donde labora : Instituto de Cultivos Tropicales.
 Especialidad : Ingeniero Agrónomo.
 Instrumento de evaluación : Guía de observación de Campo.
 Autor del instrumento : **Sergio José Palao Flores / Kiara Alexandra Saavedra la Torre**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
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, 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 las variables: Hongos Micorrízicos Arbusculares.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, 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: Recuperación de suelos agrícolas .				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: Recuperación de suelos agrícolas .				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
PUNTAJE TOTAL						46

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 46

Tarapoto, 02 de julio de 2020

**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TARAPOTO - PERU**

**César O. Arévalo Hernández, MSc
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS**

ANEXO N°4: VALIDACIÓN GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Verde Girbau, Carlos.

Institución donde labora : Autoridad Nacional del Agua.

Especialidad : Ingeniero Agrónomo.

Instrumento de evaluación : Guía de observación de Campo.

Autor del instrumento : Sergio José Palao Flores / Klara Alexandra Saavedra la Torre

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
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, 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 las variables: Hongos Micorrizicos Arbusculares.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, 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: Recuperación de suelos agrícolas .					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: Recuperación de suelos agrícolas .					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
PUNTAJE TOTAL					48	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Tarapoto, 29 de junio de 2020



 Carlos Verde Girbau
 INGENIERO AGRÓNOMO
 CIP N° 548348

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: **Condori Moreno, Delbert Eleasil.**

Institución donde labora : Universidad César Vallejo

Especialidad : Ingeniero Ambiental.

Instrumento de evaluación : Registro de Control de Campo.

Autor del instrumento : **Sergio José Palao Flores / Kiara Alexandra Saavedra la Torre**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
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, 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 las variables: Hongos Micorrízicos Arbusculares.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, 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: Recuperación de suelos agrícolas .					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: Recuperación de suelos agrícolas .					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
PUNTAJE TOTAL						48

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es coherente con la información que se pretende recopilar. Agregar un espacio bien definido para la firma de los que aplican el instrumento. Considerar el número de versión del instrumento.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Tarapoto, 29 de junio de 2020



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: **Arévalo Hernández, César Oswaldo.**

Institución donde labora : Instituto de Cultivos Tropicales.

Especialidad : Ingeniero Agrónomo.

Instrumento de evaluación : Registro de Control de Campo.

Autor del instrumento : **Sergio José Palao Flores / Kiara Alexandra Saavedra la Torre**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
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, 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 las variables: Hongos Micorrizicos Arbusculares.					x
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, 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: Recuperación de suelos agrícolas .					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: Recuperación de suelos agrícolas .					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	
PUNTAJE TOTAL		47				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

47

Tarapoto, 02 de julio de 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERÚ


Cesar O. Arévalo Hernández, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

ANEXO N°5: ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽³⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ^{(5)/ Industrial/ Extractivo⁽⁶⁾}	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ 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 ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	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
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	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 ⁽¹⁶⁾
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

Fuente: MINAM 2017

ANEXO N°6: ANÁLISIS DE LABORATORIO

A. Pre análisis de suelo

	INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES <small>INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA</small> <small>CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183</small>
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS	
<u>REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CADMIO</u>	
N° SOLICITUD : AS0054-20	FECHA DE MUESTREO : 06/08/2020
SOLICITANTE : SERGIO JOSE PALAO FLORES	FECHA DE RECEP. LAB : 06/08/2020
PROCEDENCIA : SAN MARTIN - EL PORVENIR INIA	FECHA DE REPORTE : 08/08/2020
CULTIVO : CACAO	

Item	Número de la muestra				Cd (ppm)
	Lab.		Campo		
01	20	08	0305	MUESTRA -1	<0.1

METODOS :
CADMIO : EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 08 Agosto del 2020


INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERU
Cesar O. Arévalo Hernández, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

B. Post análisis de suelo

	INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES <small>INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA</small> <small>CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183</small>
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS	
<u>REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS – CADMIO</u>	
N° SOLICITUD : AS0098-20	FECHA DE MUESTREO : 15/09/2020
SOLICITANTE : SERGIO PALAO FLORES	FECHA DE RECEP. LAB : 15/09/2020
PROCEDENCIA : SAN MARTIN - JUAN GUERRA - EEA EL PORVENIR - INIA	FECHA DE REPORTE : 21/09/2020
CULTIVO : CACAO	

Item	Número de la muestra				Cd (ppm)
	Lab.		Campo		
01	20	09	0564	MUESTRA-1	4.5

METODOS :
CADMIO : EPA 3050B

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 21 Setiembre del 2020


INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERU
Cesar O. Arévalo Hernández, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

ANEXO N°7: ESTERILIZACIÓN DEL SUELO

A. Ingreso al laboratorio de suelos para utilizar el equipo autoclave



B. Enfriamiento de las bolsas



ANEXO N°8: PESADO Y DISTRIBUCIÓN DEL SUELO

A. Pesado de suelo

	<p>FOTO 1</p> <p>Se empleó guardapolvos, guantes de seguridad de doble cobertura, visores protectores y mascarilla KN95 con la finalidad de no alterar la composición del recurso con algún excedente inducido por el personal.</p>
---	--

B. Distribución de suelo en baldes

	<p>FOTO 2</p> <p>Los baldes se llenaron uniformemente con 3 kg del recurso suelo, posteriormente se rotularon de acuerdo con el tratamiento a emplear.</p>
---	---

ANEXO N°9: CONTAMINACIÓN CON CdCl₂

A. Medición de CdCl₂.



FOTO 1

Se empleó guardapolvos, guantes de seguridad de doble cobertura, y mascarilla KN95 con la finalidad de resguardar la integridad física del personal investigador ya que se trató del manejo de un reactivo peligroso.

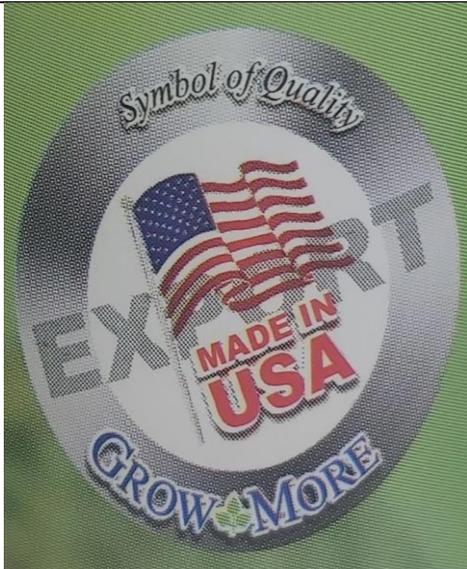
B. Manipulación del recurso con contaminante



FOTO 2

Mediante el uso de guantes de doble cobertura se removió el recurso suelo contaminado lentamente hasta formar una mezcla uniforme, el mismo procedimiento aplicó para las 40 unidades experimentales.

ANEXO N°10: COMPLEJO MICORRIZA- CEPAS COMERCIALES

		<p>FOTO 1</p> <p>El complejo de micorrizas es de fabricación GROW MORE, importado y distribuido por CONAGRA.</p>
---	--	---

ANEXO N°11: CONTEO DE ESPORAS

A. Pesado de los HMA



FOTO 1

Se empleó una balanza para tener un pesado más preciso de las concentraciones de HMA según tratamiento.

B. Tamizado y remojo



FOTO 2

Se realizó el tamizado de manera uniforme.

C. Centrifugado



FOTO 3

Para ejecutar el centrifugado se empleó el equipo ROTAMAC.

D. Centrifugado con azúcar



E. Tamizado



F. Conteo de esporas en microscopio



ANEXO N°12: INOCULACIÓN DE LOS HMA Y SEMBRADO

G. Pesado de los HMA para la aplicación por tratamiento

	<p>FOTO 1</p> <p>Se empleó una balanza analítica para tener un pesado más preciso de las concentraciones de HMA según tratamiento.</p>
---	---

H. Aplicación de los HMA

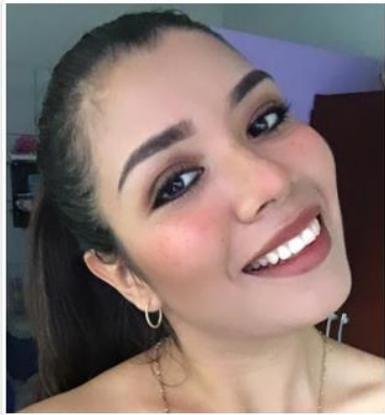
	<p>FOTO 2</p> <p>La inoculación fue directa, se aplicó el complejo alrededor de donde se posicionaría la semilla.</p>
--	--

I. Siembra del híbrido IMC 67 x EET 400

	<p>FOTO 3</p> <p>Se realizó la siembra posicionando el brote radicular de la semilla en contacto directo con los HMA.</p>
---	--

ANEXO N°13: CERTIFICADO CONDUCTA RESPONSABLE EN INVESTIGACIÓN

KIARA ALEXANDRA SAAVEDRA LA TORRE



 Conducta Responsable
en Investigación

Fecha: 23/09/2020

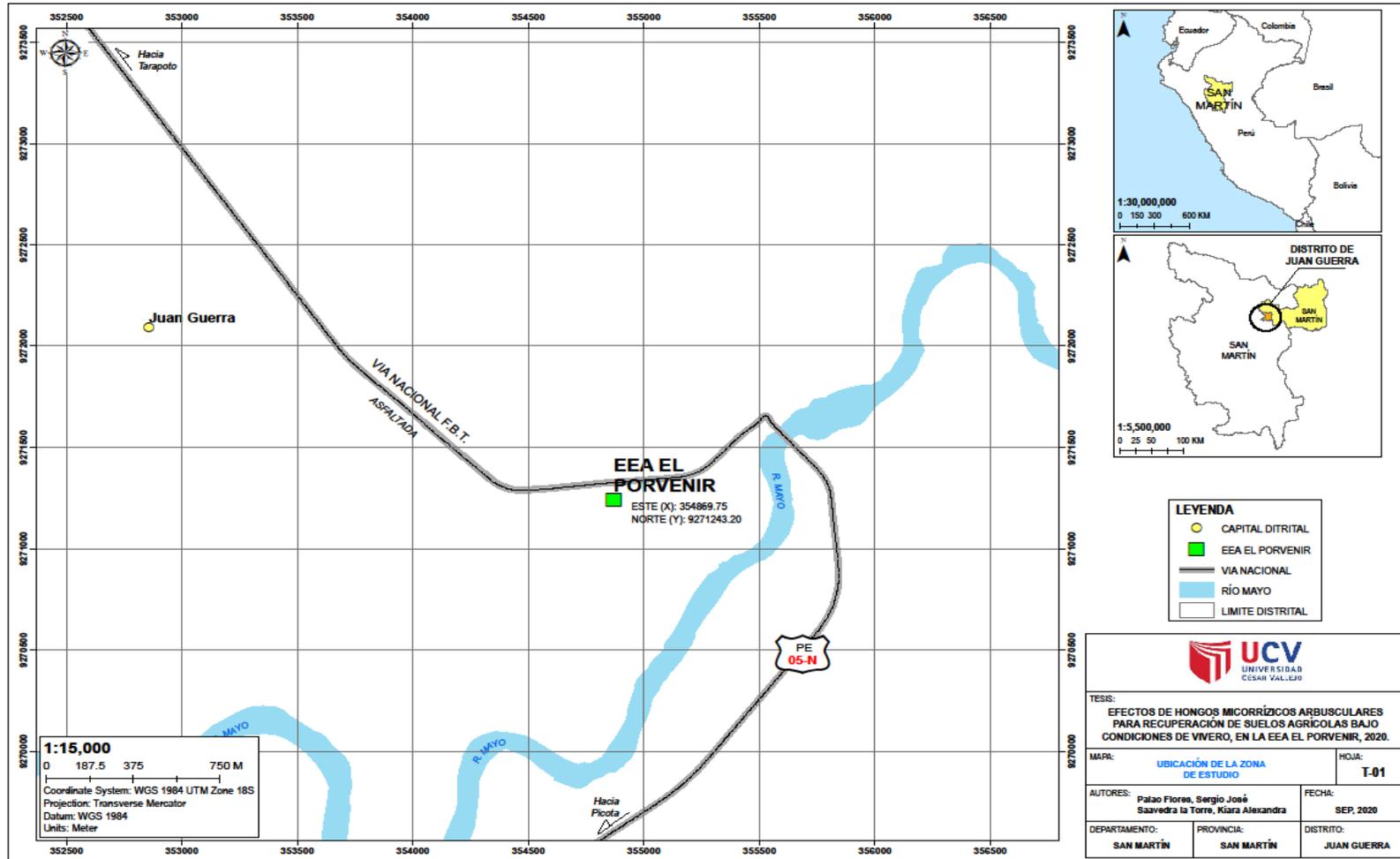
SERGIO JOSE PALAO FLORES



 Conducta Responsable
en Investigación

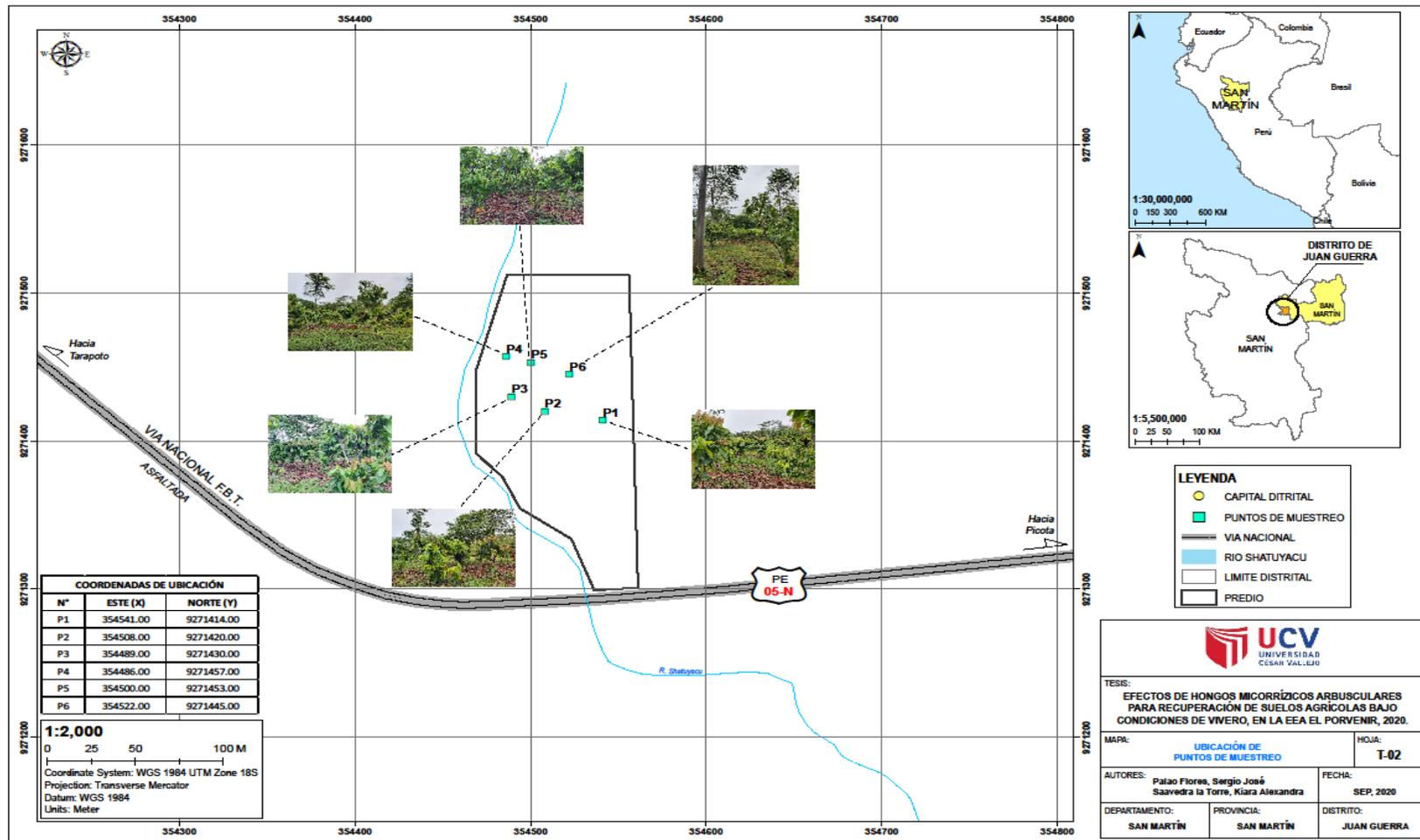
Fecha: 29/09/2020

ANEXO N°14: MAPA DE LA ZONA DE ESTUDIO



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°15: MAPA DE PUNTOS DE MUESTREO



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°16: REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO / 02-11-2020.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO			N° : 06 Fecha : 02/11/20		INGENIERIA AMBIENTAL	
LUGAR DE INVESTIGACIÓN		DISTRITO			DEPARTAMENTO			
EEA, EL PORVENIR		JUAN GUERRA			SAN MARTÍN			
RESPONSABLES:		Sergio José Palao Flores			Kiara Alexandra Saavedra La Torre			
		DNI: 72434894		DNI: 75325193				
PROYECTO: Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares - HMA para recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020.								
SEMANA .06.	Longitud de raíz	HOJAS			Tallo		OBSERVACIONES	
		Largo	Ancho	Altura	Altura	Grosor		
T0	-	12 cm	4 cm	-	22.5 cm	0,33 cm	Hojas acidos	
T1	-	13 cm	5 cm	-	22.5 cm	0,36 cm	Hojas totalmente cubiertas.	
T2	-	13 cm	5 cm	-	23.5 cm	0,37 cm	Hojas totalmente abiertas	
T3	-	11 cm	4 cm	-	22 cm	0,39 cm	Desarrollo lento.	
T4	-	5 cm	2 cm	-	16 cm	0,40 cm	Desarrollo débil.	

ANEXO N°17: REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO / 19-10-2020.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO			N° : 04 Fecha : 19/10/20		INGENIERIA AMBIENTAL	
LUGAR DE INVESTIGACIÓN		DISTRITO			DEPARTAMENTO			
EEA, EL PORVENIR		JUAN GUERRA			SAN MARTÍN			
RESPONSABLES:		Sergio José Palao Flores			Kiara Alexandra Saavedra La Torre			
		DNI: 72434894		DNI: 75325193				
PROYECTO: Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares - HMA para recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020.								
SEMANA 04.	Longitud de raíz	HOJAS			Tallo		OBSERVACIONES	
		Largo	Ancho	Altura	Altura	Grosor		
T0	-	-	-	-	10 cm		Brote incompleto	
T1	-	4 cm	6 cm	-	14 cm		Hojas débiles	
T2	-	-	-	-	10 cm		-	
T3	-	-	-	-	10 cm		Desarrollo fisiológico lento	
T4	-	-	-	-	7 cm		Desarrollo fisiológico lento	

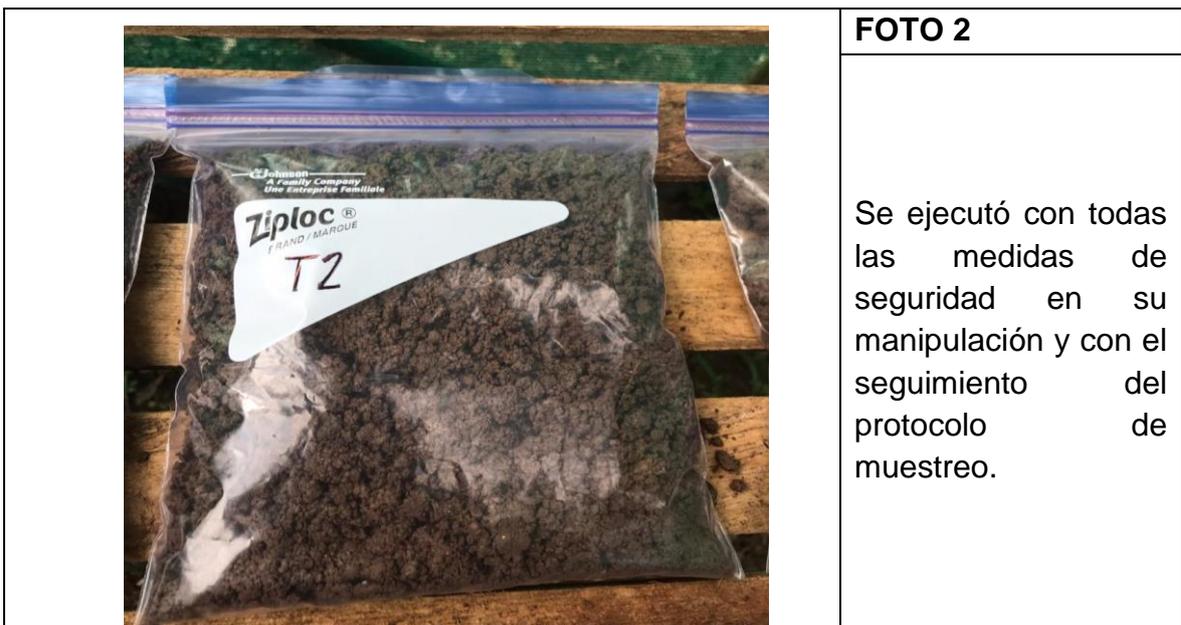
ANEXO N°18: REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO / 12-10-2020.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO			N° : 03 Fecha : 12 / 10 / 20		 INGENIERIA AMBIENTAL		
LUGAR DE INVESTIGACIÓN		DISTRITO			DEPARTAMENTO				
EEA, EL PORVENIR		JUAN GUERRA			SAN MARTÍN				
RESPONSABLES:		Sergio José Palao Flores			Kiara Alexandra Saavedra La Torre				
		DNI: 72434894			DNI: 75325193				
PROYECTO: Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares - HMA para recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020.									
SEMANA O.S.	Longitud de raíz	ASPECTOS A EVALUAR					OBSERVACIONES		
		Hojas			Tallo				
		Largo	Ancho	Altura	Altura	Grosor			
T0	-	-	-	-	-	2 cm			
T1	-	-	-	-	-	2 cm			
T2	-	-	-	-	-	3 cm			
T3	-	-	-	-	-	1 cm			
T4	-	-	-	-	-	-	Presencia de humedad excesiva.		

ANEXO N°19: REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO / 20 – 10- 2020.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO			N° : 05 Fecha : 20 / 10 / 20		 INGENIERIA AMBIENTAL		
LUGAR DE INVESTIGACIÓN		DISTRITO			DEPARTAMENTO				
EEA, EL PORVENIR		JUAN GUERRA			SAN MARTÍN				
RESPONSABLES:		Sergio José Palao Flores			Kiara Alexandra Saavedra La Torre				
		DNI: 72434894			DNI: 75325193				
PROYECTO: Efectos de Hongos Micorrízicos Arbusculares - HMA para recuperación de suelos agrícolas bajo condiciones de vivero, en la EEA El Porvenir, 2020.									
SEMANA O.S.	Longitud de raíz	ASPECTOS A EVALUAR					OBSERVACIONES		
		Hojas			Tallo				
		Largo	Ancho	Altura	Altura	Grosor			
T0	-	10 cm	3 cm	-	-	15 cm	0.22 cm	Brote completo	
T1	-	10 cm	4 cm	-	-	17 cm	0.30 cm	Exceso de humedad	
T2	-	9 cm	3 cm	-	-	19 cm	0.26 cm	-	
T3	-	8 cm	2 cm	-	-	15 cm	0.28 cm	-	
T4	-	3 cm	2 cm	-	-	10 cm	0.15 cm	Desarrollo débil	

ANEXO N°20: Toma de Muestras (T0; T 1; T2; T3; T4).



ANEXO N°21: Reporte de análisis de Suelo



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONIA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS

N° SOLICITUD : AS0175-20
 SOLICITANTE : SERGIO PALAO FLORES
 PROCEDENCIA : SAN MARTIN - JUAN GUERRA
 CULTIVO : CACAO

FECHA DE MUESTREO : 19/11/2020
 FECHA DE RECEP. LAB : 19/11/2020
 FECHA DE REPORTE : 27/11/2020

Item	Número de la muestra				N (%)	P (ppm)	K (ppm)	CIC pH 7.0	CATIONES CAMBIABLES					Cd disponible (ppm)	Cd (ppm)
	Lab.		Campo						cmol/kg						
									Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺		
01	20	11	1570	T0	0.11	11.48	370	30.05	26.29	2.81	0.95	0.00	0.00	<0.1	<0.1
02	20	11	1571	T1	0.10	9.60	300	31.56	28.22	2.57	0.77	0.00	0.00	1.21	4.51
03	20	11	1572	T2	0.10	15.80	349	31.82	28.32	2.61	0.89	0.00	0.00	1.16	4.44
04	20	11	1573	T3	0.12	33.00	348	31.81	28.25	2.67	0.89	0.00	0.00	1.10	4.39
05	20	11	1574	T4	0.11	36.00	443	32.11	28.39	2.58	1.13	0.00	0.00	1.12	4.42

MÉTODOS :

CONDUCC. ELECTRICA	CONDUCTIMETRO - SUSPENSION SUELO-AGUA 1:2.5
CARBONATOS	GAS - VOLUMETRICO
FOSFORO DISPONIBLE	OLSEN MODIFICADO EXTRACT. NaHCO ₃ = 0.5M , pH 8.5 Esp. Vis
POTASIO Y SODIO INTERCAMBIABLE	(NH ₄)CH ₃ -COOH=1N , pH 7. Absorción Atómica
MATERIA ORGANICA	WALKLEY y BLACK
CALCIO Y MAGNESIO INTERCAMBIABLE	EXTRACT. KCl=0.1N ó (NH ₄)CH ₃ -COOH=1N , pH 7. Absorción Atómica
ACIDEZ INTERC.	EXTRACT. KCl 1N, VOLUMETRIA
ACIDEZ POTENCIAL	WOODRUFF MODIFICADO
CIC pH 7.0	ACIDEZ POTENCIAL+SUMA DE BASES
CADMIUM TOTAL	EPA 3050B
CADMIUM DISPONIBLE	EXTRACT. CaCl ₂ =0.1N , Absorción Atómica

La Banda de Shilcayo, 21 de Noviembre del 2020

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
 TAPAPOTO - PERU
 Cesar G. Arzola Hernandez, MSc
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

ANEXO N°22: Recolección de parámetros biométricos (Altura de tallo).



FOTO 1

Se recolectó la información de manera cuidadosa, identificando todos los parámetros.



FOTO 2

Se recolectó la información de manera cuidadosa, identificando todos los parámetros.

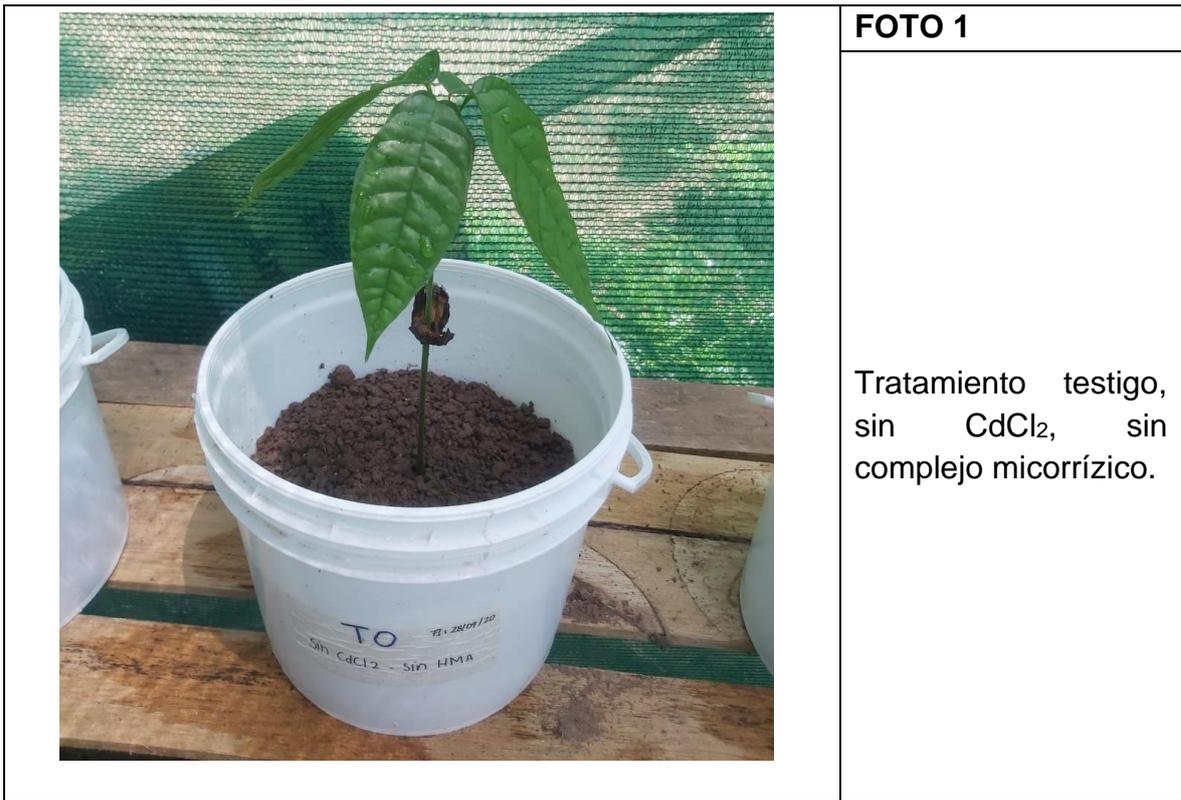
ANEXO N°23: Secado de Biomasa.

	FOTO 1
	<p>Se empleó una Estufa de marca BINDER, se mantuvo una temperatura de 60° por un intervalo de tiempo de 24 hrs.</p>

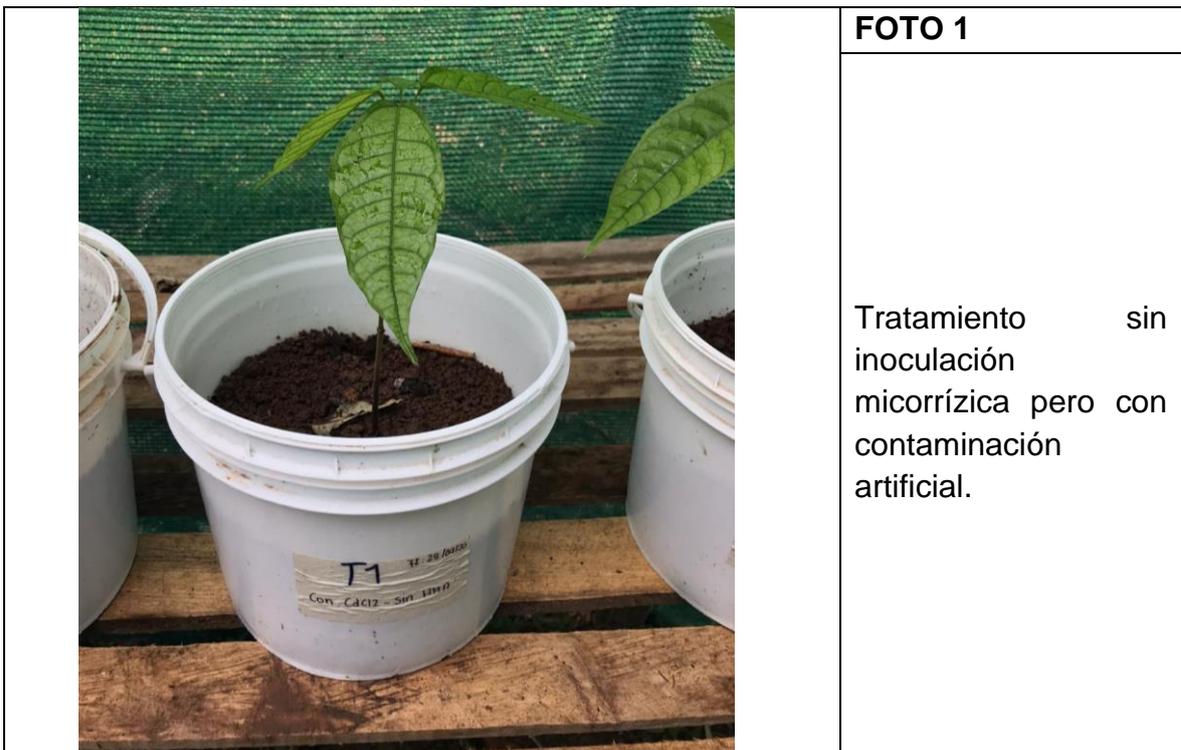
ANEXO N°24: Peso de Biomasa Seca.

	FOTO 1
	<p>Se empleó una balanza analítica.</p>

ANEXO N°25: Tratamiento 0



ANEXO N°26: Tratamiento 1

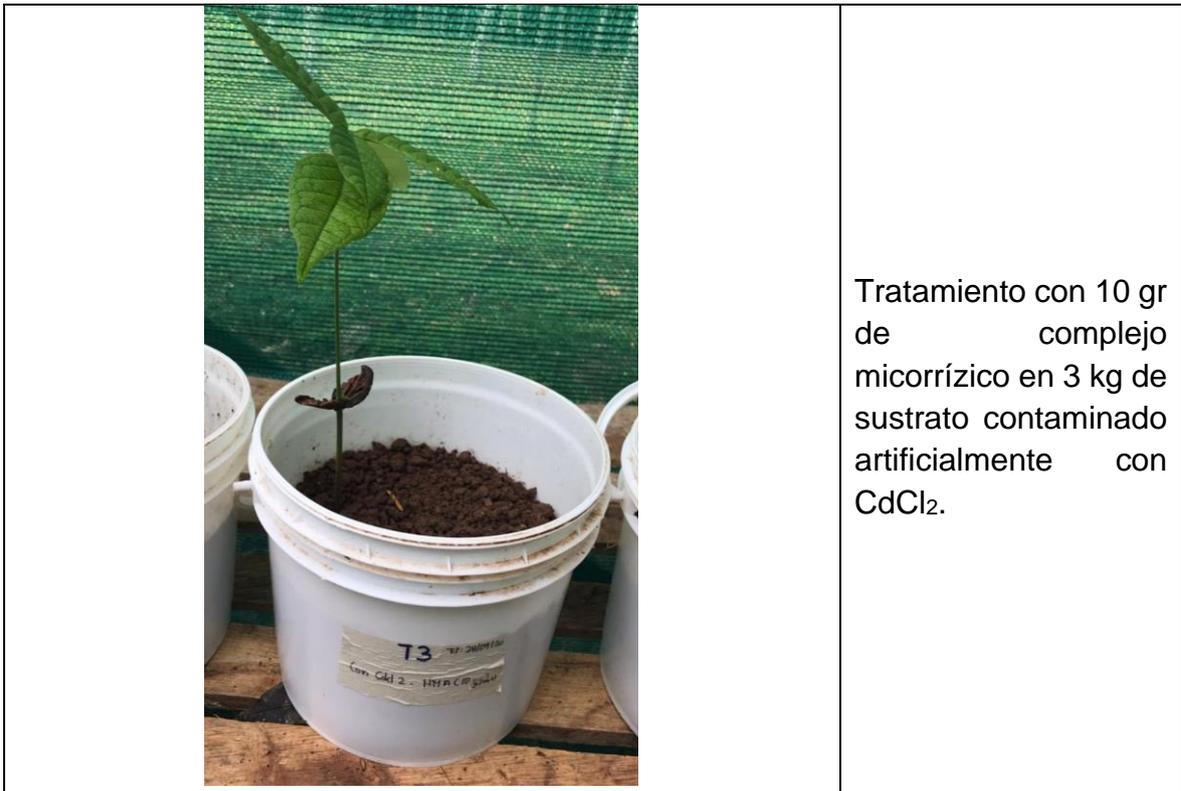


ANEXO N°27: Tratamiento 2

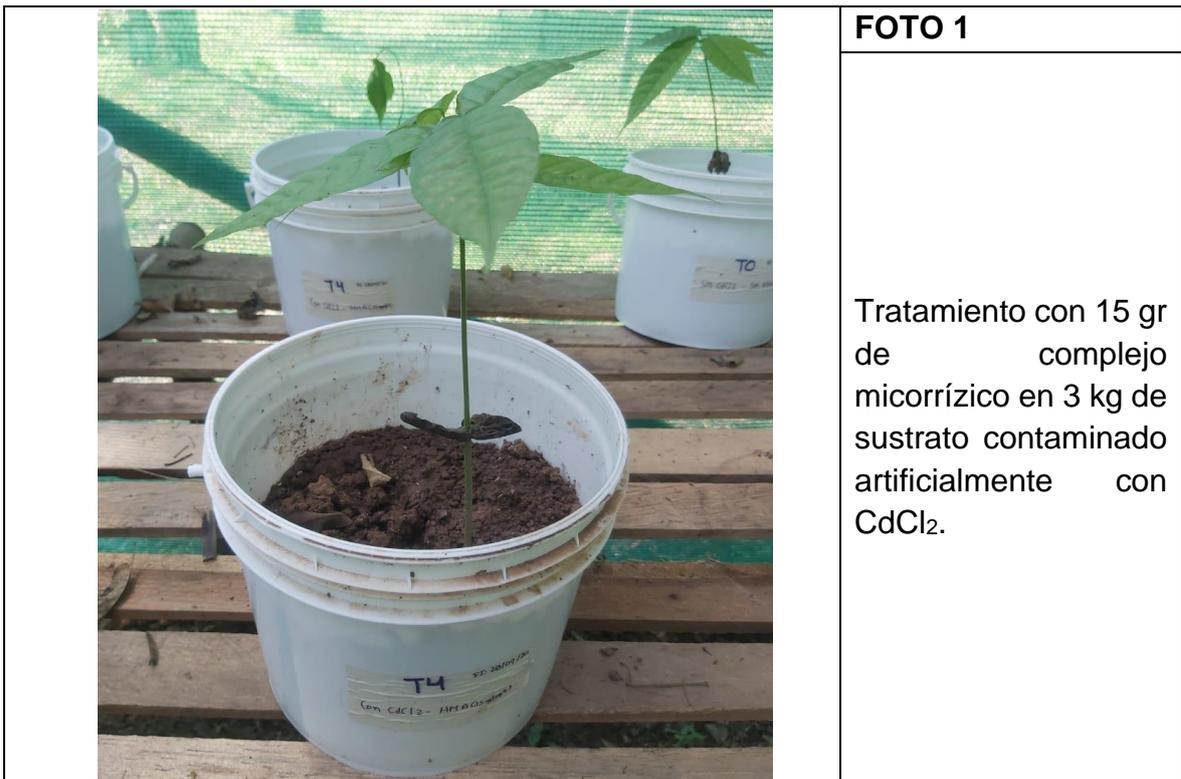
	<p>FOTO 1</p> <p>Tratamiento con 5gr de complejo micorrízico en 3 kg de sustrato contaminado artificialmente con CdCl₂.</p>
--	---

ANEXO N°28: Tratamiento 3

	<p>FOTO 1</p>
--	----------------------



ANEXO N° 29: Tratamiento 4



ANEXO N°30: Instalaciones del Vivero – EEA, “EL PORVENIR”.



FOTO 1

Se construyó el vivero con materiales del entorno y reciclados.



FOTO 2

Se construyó el vivero con materiales del entorno y reciclados.



FOTO 3

Se construyó el vivero con materiales del entorno y reciclados.