



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Potencial de las micorrizas arbusculares en el contenido de glomalina
y carbono en suelos de un bosque en Bellavista, San Martín

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Tangoa Gomez, Jhair Folly (orcid.org/0000-0002-6158-1422)

ASESOR:

Dr. Vallejos Torres, Geomar (orcid.org/0000-0001-7084-977X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Ambiental

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto de vida a mis amados padres, Darbin Tangoa Fasabi y Ludith Gómez Flores, que, gracias a ellos, por dedicarse a estudiar y ser profesional por ellos soy todo lo bueno que soy ahora un ser humano útil en este sistema de vida.

A mis padres que me guían en mi desarrollo de experiencia de vida en esta frecuencia de realidad material y a mis futuros hijos que con esto les brindare una calidad de vida diferente a lo que padecemos muchos ciudadanos, en el cual no contamos con oportunidad o no lo sabemos aprovechar, para así poder mejorar la vida de los demás que necesitan de nuestro apoyo en lo más mínimo.

Jhair Folly.

AGRADECIMIENTO

A todos los profesionales y maestros de vida por sus enseñanzas, a mis abuelitos, por poder educar a mis padres para poder darnos lo mejor en crianza a mi y mis hermanos.

A mis hermanos por preocuparse por mí, en reír y sufrir conmigo mis malas y buenas experiencias y muchas veces comprenderme y compadecerse, poder darme los mejores consejos para crecer y aprender, a los buenos amigos que me dieron la oportunidad, de poder seguir adelante.

Y a mi Perú, por darnos las posibilidades de poder alcanzar nuestras metas, aunque haya desigualdad con los hermanos alejados en las punas en la chacra, por ellos es que voy a mejorar esto.

El autor.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALLEJOS TORRES GEOMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "

Potencial de las micorrizas arbusculares en el contenido de glomalina y carbono en suelos de un bosque en Bellavista, San Martín

", cuyo autor es TANGOA GOMEZ JHAIR FOLLY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 30.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TARAPOTO, 18 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALLEJOS TORRES GEOMAR DNI: 01162440 ORCID: 0000-0001-7084-977X	Firmado electrónicamente por: GVALLEJOST el 19- 07-2023 16:19:34

Código documento Trilce: TRI - 0599702





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, TANGO GOMEZ JHAIR FOLLY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "

Potencial de las micorrizas arbusculares en el contenido de glomalina y carbono en suelos de un bosque en Bellavista, San Martín

", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
JHAIR FOLLY TANGO GOMEZ DNI: 72213213 ORCID: 0000-0002-6158-1422	Firmado electrónicamente por: JTANGOAGO2494 el 18-07-2023 07:11:56

Código documento Trilce: TRI - 0599715

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	14
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de Análisis de datos	18
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN.....	25
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variable: Bosque primario y bosque deforestado	15
Tablas 2. Variable: Carbono orgánico en suelos, número de esporas de HMA y contenido de glomalina del suelo.....	15
Tabla 3. Análisis de varianza para el número de esporas.....	20
Tabla 4. Análisis de varianza para el contenido de glomalina.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Prueba de Duncan para el número de esporas evaluadas en 50 gramos de suelo.....	21
FIGURA 2. Prueba de Duncan para el contenido de glomalina (mg/g) en suelos estudiados.....	22
FIGURA 3. Prueba de Duncan para el contenido de carbono orgánico del suelo (t. ha ⁻¹) en suelos estudiados.....	23
FIGURA 4. Coeficientes de correlación entre el número de esporas de HMA, glomalina y contenido de carbono en suelos de bosques	24

Resumen

El estudio analizó el potencial de las micorrizas arbusculares en los contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín. La presente investigación tuvo lugar en el bosque “El quinilla” ubicado en la provincia de Picota de las cuales se recorrieron y seleccionaron 12 hectáreas compartido en bosque primario y deforestado; se consideró como población a seis subparcelas, de las cuales tres estaban ubicadas en un bosque primario y tres en un bosque deforestado; la muestra estuvo constituida por tres repeticiones en cada subparcela por bosque; haciendo un total de seis subparcelas de las cuales se colectaron suelos de dos profundidades, siendo estas de 0-20 y de 20 a 40 cm. Como variables se consideraron carbono orgánico en suelos, número de esporas de HMA y contenido de glomalina del suelo; mediante un diseño no experimental. Los resultados mostraron que el mayor número de esporas de HMA fue encontrado en el bosque deforestado 0-20 cm con un promedio de 3 775 esporas; mientras que el mayor contenido de glomalina se presentó en la profundidad de 0-20 cm con un promedio de 34.34 mg/g y el más alto contenido de carbono fue encontrado en el tratamiento bosque primario 0-20 cm con un promedio de 79.55 t. ha⁻¹. Se concluyó que el número de esporas de HMA y contenido de glomalina mostró correlación positiva alta, que implica que cuando aumenta el número de esporas de HMA, aumenta el contenido de glomalina en los suelos.

Palabras Clave: amazonia peruana, bosque primario, deforestado, carbono orgánico del suelo, esporas, hifas, glomalina.

Abstract

The study analyzed the potential of arbuscular mycorrhizae in glomalin contents and carbon reserves in soils of a forest in Picota, San Martín. The present investigation took place in the forest "El quinillal" located in the province of Picota, of which 12 hectares shared in primary and deforested forest were visited and selected; Six subplots were considered as population, of which three were located in a primary forest and three in a deforested forest; the sample consisted of three repetitions in each subplot per forest; making a total of six subplots in the study of which soils from two depths were collected, these being 0-20 and 20-40 cm. As variables, organic carbon in soils, number of AMF spores and soil glomalin content were considered; through a non-experimental design. The results showed that the highest number of AMF spores was found in the 0-20 cm deforested forest with an average of 3,775 spores; while the highest glomalin content occurred in the depth of 0-20 cm with an average of 34.34 mg/g and the highest carbon content was found in the primary forest treatment 0-20 cm with an average of 79.55 t. ha⁻¹. It was concluded that the number of AMF spores and glomalin content showed a high positive correlation, which implies that when the number of AMF spores increases, the glomalin content in soils increases.

Keywords: Peruvian Amazon, primary forest, deforested, soil organic carbon, spores, hyphae, glomalin.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más graves que enfrentamos hoy es el cambio climático; generado como consecuencia del incremento de gases como el dióxido de carbono (CO₂), uno de los más importantes con altos niveles de evaporación en la atmósfera (Phillips et al., 2017). Se evidencia el crecimiento vertiginoso de la temperatura promedio del mundo, que se elevó casi 1°C en el último siglo; esto ha causado nuevos modelos de vientos, corrientes oceánicas, lluvias y sequías que además conducen a la transferencia de vectores y aparición de novedosas patologías e impactos en los servicios ecosistémicos (Phillips et al., 2017).

Los bosques nos brindan varios servicios ecosistémicos, entre ellos la retención de carbono atmosférico (CO₂) y su almacenamiento (Canadell y Raupach 2008, Chazdon et al. 2016). Es por ello, surgen la necesidad de conocer el valor que poseen los bosques debido a que ejercen una funcionalidad definitiva para establecer el almacenamiento de gases de impacto invernal (GEI). Se sabe que estos bosques sirven como sumideros de carbono; según LA FAO, en 2018 absorbieron aproximadamente "2000 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) anuales".

Los bosques naturales almacenan más carbono que las plantaciones debido a su compleja estructura de rodal y al almacenamiento de carbono en el sotobosque y el suelo del bosque. Fueron necesarios siglos para que estas cualidades se manifestaran. Los bosques naturales maduros tienen importantes beneficios adicionales y deben protegerse al mismo tiempo que se promueve la regeneración de los bosques naturales secundarios. Por lo tanto, la protección y el manejo efectivos de los bosques existentes son esenciales para maximizar el secuestro y los flujos de carbono de los reservorios in situ a largo plazo o de los productos de

madera que pueden usarse para reemplazar los productos de madera que requieren combustibles fósiles (Waring et al., 2020).

Actualmente, aproximadamente el 45% del carbono orgánico del suelo se almacena en la biomasa y el suelo de los bosques existentes (Bonan, 2008). Los bosques maduros y en regeneración existentes conectan aprox 2 gigatoneladas de carbono (GtC) al año, lo que supone una contribución significativa al sumidero de carbono terrestre (Pugh et al., 2019).

Un análisis reciente sugiere que plantar árboles en 900 millones de hectáreas adicionales podría secuestrar 205 Gt C (Bastin et al., 2019), lo que representa aproximadamente un tercio del total de las emisiones antropogénicas hasta la fecha (alrededor de 600 Gt C). Sin embargo, se necesitarán más de 100 años para alcanzar este potencial de almacenamiento de C, suponiendo una tasa típica de asignación de C a la madera de $2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Bonan, 2008).

Además, esta cifra puede sobreestimar el potencial de secuestro de carbono de los bosques (Lewis et al., 2019a) y la disponibilidad de tierra y agua adecuadas para la replantación (Veldman et al., 2019). Además, estudios previos han demostrado que la estabilidad total y la concentración de carbono de los macroagregados estables son mayores en los ecosistemas naturales en comparación con los excosistemas cultivados (Pang et al., 2020; Sekaran et al., 2021). Aquí, la agregación del suelo es ampliamente reconocida como un proceso importante en el ciclo del carbono y es muy sensible a los cambios ambientales (Wang et al., 2019; Du et al., 2022).

Los procesos de agregación del suelo están controlados por muchos factores bióticos y abióticos y sus interacciones. Como uno de los factores biológicos más importantes, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) juegan un papel importante en la formación y estabilización de los agregados del suelo (Rillig et al., 2002). La glomalina, medida como proteína del

suelo asociada al glómulo (GRSP), es una sustancia glicoproteína hifal que los HMA pueden liberar al suelo durante la regeneración de las hifas y después de la muerte del hongo (Rillig, 2004). Aunque los HMA desempeñan un papel fundamental en varias funciones de los ecosistemas y procesos del suelo a través de diferentes vías, el efecto de la diversidad de especies de HMA en la estabilidad de los agregados del suelo sigue sin explorarse. (Wilson et al., 2009). Además, las interacciones entre especies de HMA pueden influir en la competencia por los recursos y controlar la estructura y función de las comunidades de HMA.(Ma et al., 2020). El análisis de redes de coocurrencia es un método importante para revelar la estructura de las comunidades microbianas, proporcionando nuevos conocimientos sobre posibles interacciones entre especies microbianas. (Barberán et al., 2012). Además, Hossain, (2021) indicó que la concentración de C de GRSP (C-GRSP) es de 2 a 24 veces mayor que la del humus del suelo, lo que representa del 30 al 40 % del COS, lo que indica un efecto directo de GRSP en el almacenamiento de C en los suelos.

Por lo tanto, en este estudio se ha planteado como formulación del problema de investigación principal lo siguiente: ¿Cuál es el potencial de las micorrizas arbusculares en los contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín?

Siendo los problemas específicos lo siguiente:

- 1) Cuál es el contenido de micorrizas arbusculares, glomalina y concentración de reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín y 2) Cuál es la correlación entre las micorrizas arbusculares, glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín.

La investigación planteó como justificación lo siguiente:

La presente propuesta busca fundamentalmente a través de la teoría y aplicación de la práctica determinar el potencial de los hongos micorrízicos

arbusculares y su rol que desempeñan en la determinación de la dinámica de la estructura del suelo. Esto se basa en el conocimiento de que la proteína del suelo relacionada con la glomalina (GRSP), producida en la pared celular de las hifas, es un almacén de carbono que afecta la formación y estabilidad de los agregados y promueve la fijación de carbono en el suelo.

En el aspecto ambiental los HMA son microorganismos amigables al medio ambiente que se asocian a las especies arbóreas para generar simbiosis con el huésped; a su vez son considerados bioacumuladores de metales pesados y carbono contribuyendo enormemente con la limpieza de los suelos, aguas y medio ambiente. En el aspecto social se ha considerado a los HMA y los contenidos de glomalina importantes como restauradores ecológicas en la preservación de los bosques y por ende el recurso hídrico que beneficia a los pobladores con las fuentes de agua; asimismo, el carbono almacenado en los bosques podría mejorar la calidad de vida ya que pondría en marcha un equilibrio ecológico favorable para los pueblos y ciudades evitando así inundaciones y pérdidas de cultivo agrícolas que se traducen en pérdidas económicas.

El estudio presenta el objetivo principal siguiente:

Analizar el potencial de las micorrizas arbusculares en los contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín.

Planteando como objetivos específicos adjuntos: 1) Determinar el contenido de micorrizas arbusculares, glomalina y concentración de reservas de carbono en suelos del bosque quinillal, San Martín y 2) Analizar la correlación entre las micorrizas arbusculares, glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín.

Se ha planteado como hipótesis de investigación principal a: Existe un potencial de esporas de micorrizas arbusculares, contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín

Siendo las hipótesis específicas lo siguiente: 1) Existe mayor número de esporas de micorrizas arbusculares asociados a contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín y 2) Existe una correlación significativa entre las micorrizas arbusculares, glomalina y reservas de carbono en suelos de un bosque en Picota, San Martín.

II. MARCO TEÓRICO

Solis et al. (2022) Se investigó el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) sobre el contenido de proteína y clorofila del suelo asociado con el glomérulo en plantas de café propagadas vegetativamente, inoculadas en un invernadero y trasplantadas a campos abiertos en la Amazonía peruana. El experimento constó de ocho tratamientos en un diseño factorial 2 x 4 con dos cultivares de café (Caturra y Pache) y cuatro inoculantes de HMA (Testigo, Moyobamba, El Dorado y Huallaga). El inóculo se recolectó de cultivos de café orgánico y se nombró según la provincia de recolección. Las plantas inoculadas con HMA tuvieron una colonización de micorrizas y un contenido de clorofila estadísticamente mayores que las plantas no inoculadas, mientras que el contenido de proteína del suelo asociada a glomalina osciló entre 61,6 y 69,1 mg g⁻¹ y no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las plantas. Estos autores concluyen que Moyobamba fue superior a otros tratamientos en cuanto al contenido de glomalina. De igual forma, el efecto del tipo de café sobre las variables investigadas no fue estadísticamente significativo.

Zhang et al. (2022) en el trabajo de investigación “La acumulación de proteína del suelo relacionada con la glomalina beneficia el secuestro de carbono en el suelo” evaluaron la contribución de proteína del suelo relacionada a la glomalina (GRSP) y su contribución con la fertilidad de una superficie costera tropical para cuatro prácticas de restauración diferentes: una tierra estéril, una *Eucalyptus exserta* bosque plantado, bosque mixto latifoliado y bosque natural secundario. Como resultado, encontraron que las prácticas de replantación aumentaron el GRSP extraíble y el GRSP total entre 3,9 y 12,3 y entre 1,9 y 4,6 veces, respectivamente, en comparación con el suelo estéril. Los autores concluyen indicando que, entre estas áreas de bosques artificiales, una práctica de bosques mixtos

con especies de árboles nativos proporciona una estrategia prometedora para la restauración de tierras muy erosionadas, mejorando la agregación del suelo y el secuestro de COS.

Yan et al. (2022) estudiaron los efectos beneficiosos del calentamiento sobre el almacenamiento de carbono en los árboles de zonas templadas y tipos de micorrizas. Para el estudio usaron datos de inventarios forestales que consistieron en más de 500 000 árboles de 1 910 parcelas con un tamaño de 0,09 ha (30 m×30 m) del área de estudio del noreste de China según el método de muestreo descrito por el Grupo de Redacción del Manual Técnico de Secuestro de Carbono en Ecosistemas Project (2015) y todos los datos lo midieron entre los años 2010 y 2013. La mayoría de las áreas de muestra no habían sido perturbadas ni cultivadas durante al menos 60 años. Antes del análisis estadístico, se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para examinar la normalidad estadística de los datos. Emplearon ANOVA de una vía para detectar el efecto de los tipos de árboles y usaron modelos lineales mixtos para investigar las relaciones de diferentes especies tipo riqueza de HMA, todos los análisis estadísticos lo realizaron en R 4,1,0. Encontraron que el almacenamiento de C en los árboles se asoció significativamente de forma positiva con la temperatura media anual (TMA). Contabilizaron los efectos de los árboles y simbiosis con los HMA en la sequía y el calentamiento, encontrando que el calentamiento aumentó el almacenamiento de C en árboles con HMA. Los autores concluyeron que la creciente riqueza de árboles micorrizados tiene el potencial de mejorar el sumidero de C del árbol y reducir la sensibilidad de los beneficios del crecimiento de los árboles inducidos por el calentamiento a los cambios en la precipitación.

Prachi et al. (2019) estudiaron la variación en las concentraciones de glomalina en el suelo del régimen templado del Himalaya, India, su papel potencial en el almacenamiento de carbono y la agregación del suelo bajo diferentes sistemas de cultivo. La estabilidad agregada se correlacionó con

el carbono orgánico del suelo ($r = 0,966$; $p < 0,01$), la glumalina total (TG) ($r = 0,988$; $p < 0,01$) y la glomalina fácilmente extraíble (EEG) ($r = 0,967$; p está correlacionado positivamente). TG mostró el valor más alto en el ecosistema forestal (4,82 mg/g) suponiendo un sitio prístino, mientras que el valor más bajo se encontró en el campo de trigo (2,12 mg/g). Observaron una correlación positiva entre la glumalina y el carbono orgánico del suelo en TG y EEG ($r = 0,905$, $p < 0,0001$; $r = 0,586$, $p < 0,001$, respectivamente), lo que indica nuevamente su contribución al mantenimiento de las reservas de carbono del suelo. Los autores destacan la relación entre la glumalina y la agregación del suelo y el uso y la idoneidad del suelo como un posible indicador de la estabilidad de los agregados en zonas montañosas.

Wang et al. (2017). Este estudio investigó la glumalina y su contribución al carbono y los nutrientes del suelo profundo, así como su relación con el clima y las propiedades del suelo de un perfil vertical en China. Para ello, recogieron 360 muestras de suelo de 72 perfiles de suelo de 1 metro en tierras de cultivo del noreste de China y midieron las propiedades físicas y químicas del suelo, los nutrientes, las propiedades de la glumalina y el clima local. En sus resultados mostraron disminuciones lineales de las cantidades de glomalina desde la superficie hasta los suelos profundos, y glomalina/COS (proporción de glomalina a SOC total) en el suelo de 80 a 100 cm (EEG, GRSP de fácil extracción, 2,2 %; TG, GRSP total, 19 %). Varios análisis estadísticos muestran que un pH más bajo y un COS más alto generalmente van acompañados de EEG y TG más altos, y el EEG es más sensible al clima. Los autores concluyeron que, en el futuro, la evaluación de glomalina debería considerarlos completamente para identificar la importancia de AMF en todo el perfil de 1 m, y nuestros hallazgos también favorecen la mejora del suelo degradado a partir de la rehabilitación de glomalina. excepto efectos directos significativos en el EEG.

Fundamento teórico de la problemática de investigación

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) aumentan la absorción de agua y nutrientes de las plantas a través de simbiosis mutua. Sólo los HMA producen proteína del suelo relacionada con la glumalina (GRSP). Los niveles de glumalina en suelos agrícolas oscilan entre 0,30 y 0,70 mg por gramo de suelo. El GRSP que contenía carbono orgánico del suelo (COS) en las capas más profundas del suelo fue de 1,34 a 1,50 veces mayor que en las capas superficiales. La glomalina puede secuestrar 0,24 Mg C ha⁻¹ en el suelo cuando está presente en 1,10±0,04 mg g⁻¹. A un nivel elevado de CO₂ (700 μmol mol⁻¹). La glomalina también ayuda a regular el suministro de nutrientes a las plantas protegiendo el carbono lábil. Las prácticas de labranza cero aumentaron la longitud de las hifas de los HMA, los GRSP y los agregados hidroestables (WSA) en comparación con las prácticas de labranza convencionales. La revisión actual sugiere que GRSP es una herramienta importante para el almacenamiento de carbono en suelos profundos. Glomalin regula la compactación del suelo, mejora la calidad del suelo, aumenta el secuestro y el rendimiento de carbono y mitiga el cambio climático (Hossain et al., 2021).

La reforestación se utiliza ampliamente para restaurar suelos degradados y empobrecidos en las zonas costeras. El papel de los HMA en la vegetación ha recibido mucha atención, ya que se cree que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son beneficiosos para este proceso. Los sitios de estudio incluyen un terreno baldío (BL), un bosque plantado de *Eucalyptus exserta* (EF), un bosque mixto latifoliado (MF) y un bosque natural secundario (SF), que representa la etapa de restauración media y tardía, respectivamente. Los resultados mostraron que la restauración aumentó EE-GRSP y T-GRSP entre 3,9 y 12,3 veces y entre 1,9 y 4,6 veces en comparación con la tierra estéril, respectivamente. Las

participaciones de GRSP en SOC son del 1,6% al 2,0% y del 6,5% al 15,8%, respectivamente. Además, también hubo una correlación positiva significativa entre la producción de GRSP en el COS y el porcentaje de COS recalcitrante, así como la estabilidad del GRSP y los agregados del suelo. En conjunto, estos resultados sugieren que la restauración de bosques tropicales degradados contribuye al secuestro de carbono en el suelo acumulado por GRSP, muy probablemente mejorando la estabilidad de los agregados del suelo y aumentando las relaciones volátiles de composición de carbono en el suelo (Jing et al., 2021).

Aproximadamente el 90% de las plantas terrestres involucran micorrizas, que facilitan la absorción de nutrientes del suelo a cambio de carbohidratos y promueven el crecimiento de las plantas al mejorar el microambiente del suelo (Tardy et al. al., 2015; Wang et al., 2017a). Las hifas de AMF producen abundantes proteínas del suelo relacionadas con la glomalina (GRSP), que se liberan en el suelo después de la descomposición.

(Singh et al., 2013). La glomalina es una glicoproteína insoluble, hidrofóbica y refractaria que resiste la degradación (Wright y Upadhyaya, 1996). Forma una capa de red cerosa que une partículas del suelo, materia orgánica, arena, limo y arcilla e inicia un proceso complejo de agregación del suelo que puede acumular hasta el 5% del carbono y nitrógeno del suelo, protegiendo así los compuestos que contienen carbono de la degradación y la resistencia, erosión eólica y hídrica (Rillig, 2004; Emran et al., 2012) Por lo tanto, la glomalina ayuda al suelo a mantener las reservas de carbono, la formación de agregados y la retención de material orgánico (Plaza et al., 2013; Six y Paustian, 2014).

La producción de glomalina por HMA depende en gran medida de la productividad de la planta y la asignación de fotosintato. Cuanto más depende una planta de la simbiosis de micorrizas para la absorción de nutrientes, más carbono se asigna a HMA por planta en forma de

fotosintato, lo que convierte a las plantas en un factor importante que rige la producción de glomalina (Treseder y Allen, 2000). La mayor tasa de crecimiento de las plantas y el contenido de nutrientes tienen un efecto positivo en la producción de glomalina (Violi et al., 2007). También se ha informado sobre la influencia de la biomasa vegetal y la calidad de la hojarasca en la concentración de glomalina (Wilson et al., 2009).

También se informa que los sistemas agrícolas y las prácticas de gestión de la tierra afectan significativamente la producción de glomalina (Gispert et al., 2013).

La agricultura inhibe la producción de glomalina al destruir los hábitats microbianos y reducir el crecimiento de HMA (Dai et al., 2015). La rotación de cultivos y su manejo en los residuos también aumentaron significativamente los niveles de glomalina en el suelo (Singh et al., 2018; Zhao et al., 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue descriptiva y correlacional ya que se generó nuevos conocimientos en función a los árboles con las variables de carbono, glomalina y micorrizas en suelos de los bosques. La investigación estudió de forma directa lo que ocurrió en su estado natural, sin intervenir de manera alguna a través de los análisis en laboratorio (Sousa et al., 2007).

3.1.2. Diseño de investigación

El estudio dispuso de un diseño no experimental, debido a que no se hicieron uso de variables manipuladas (Ato et al., 2013). Variables como contenidos de carbono en suelos se obtuvo por análisis en laboratorio sin alterar su ambiente natural; es decir, fueron analizados en base a un momento y tiempo real. Asimismo, las micorrizas arbusculares se analizaron en base a las muestras colectadas de suelo; mientras que el contenido de glomalina se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Bosque primario y bosque deforestado de la provincia de Picota; profundidades de suelos (0-20; 20-40). Según la tabla de operacionalización de variables (Anexo 1) se detalla a continuación lo siguiente:

Definición conceptual: Los bosques cumplen un rol fundamental en el almacenamiento de carbono; tal es así que las interacciones funcionales entre plantas y microbios son impulsores determinantes para la adaptación de las plantas a los estresores ambientales, entre ellos factores severos y frecuentes causados por el clima (Gehring et al., 2017).

Definición operacional: Se establecieron subparcelas de 400 m² en seis hectáreas (tres ha de bosque primario y tres ha de bosque deforestado), se aplicó metodologías validados y publicados en artículos de alto valor de impacto; por tal motivo, se planteó como objetivo analizar el potencial de las micorrizas arbusculares en los contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos del bosque “El quinillal”, Picota, San Martín.

Escala de medición: Hectáreas (ha) y m²

Variable Dependiente: Carbono orgánico en suelos, número de esporas de HMA y contenido de glomalina del suelo

Definición conceptual: Como una secreción de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en el suelo, la enorme cantidad de glomalina en el suelo es deseable para cuantificar el potencial de HMA para el secuestro de carbono; asimismo, influye en la fertilidad del suelo (Nichols and Wright, 2006).

Definición operacional: En las parcelas establecidas se colectaron tres kg de suelo para cada análisis; estas muestras fueron para los análisis de carbono, densidad aparente, glomalina y número de esporas; haciendo un total de 12 muestras colectadas para cada indicador medido.

Escala de medición: Toneladas por hectárea (t/ha), g/mg

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Como población se consideró el bosque quinillal ubicado en la provincia de Picota de las cuales se recorrieron y seleccionaron 12 hectáreas compartido en bosque primario y deforestado; se consideró como población a seis subparcelas, de las cuales tres estaban ubicadas en un bosque primario y tres en un bosque deforestado de la provincia de Picota.

Criterios de inclusión

En el muestreo se consideró a dos bosques en diferente estado de conservación; siendo estas en estado primario y deforestado dentro del bosque denominado el quinillal ubicado en la provincia de Picota.

Criterios de exclusión

Otros bosques de protección establecidas dentro de la provincia de Picota.

3.3.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por tres repeticiones en cada subparcela por bosque; haciendo un total de seis subparcelas en el estudio de las cuales se colectaron de dos profundidades, siendo estas de 0-20 y de 20 a 40 cm. Cada subparcela estaba enmarcado en un área de 400 m² de tal manera se realizaron las calicatas en el centro de cada subparcela.

3.3.3. Muestreo

El muestreo se inició con la colecta de 12 muestras de tres kilogramos de suelo para los análisis respectivos; de esto 1 kg fue destinado para análisis de carbono, 1 kg para análisis de suelos, medio kg para análisis de glomalina y medio kg para conteo de esporas de HMA.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas y metodologías fueron sustentadas en base a publicaciones científicos de alto factor de impacto en almacenamiento de carbono en bosques forestales tales como: Ma et al. (2020); Hossain, (2021); Solis et al., 2022 y Yan et al., 2022.

Instrumentos de recolección de datos

Los datos fueron vaciados en formatos, indicando la descripción de la variable independiente y las variables dependientes por cada indicador medido. Estos formatos fueron validados y aprobados de forma y fondo. Cada dato estuvo

representado por tres valores de los análisis obtenidos en campo y laboratorio; ordenados de forma tal que ingresen al programa estadístico para obtener el ANOVA y la significancia de los datos tomados.

Validez de los instrumentos

Se elaboraron formatos para el registro de la base de datos de los resultados e instrumentos para la los análisis y validación realizada por expertos en temas ambientales, relacionada a los temas de ingeniería ambiental y agrícola. Dichos instrumentos fueron analizados y aprobados con diferente calificación como se observa en las tablas adjuntas.

Tabla 1. Variable: Bosque primario y bosque deforestado

Nº	Especialista	Especialidad	Calificación
1	Dr. Andi Lozano Chung	Ambiental	44
2	M. Sc. Harry Saavedra Alva	Agrónomo	44
3	Dr. Karla Mendoza López	Ambiental	43

Fuente: Elaboración el autor

Tabla 2. Variable: Carbono orgánico en suelos, número de esporas de HMA y contenido de glomalina del suelo

Nº	Especialista	Especialidad	Calificación
1	Dr. Andi Lozano Chung	Ambiental	44
2	M. Sc. Harry Saavedra Alva	Agrónomo	44
3	Dr. Karla Mendoza López	Ambiental	43

Fuente: Elaboración el autor

Con los resultados aceptados, aprobados y validados se procedió a realizar el estudio experimental con las 16 unidades experimentales planteados.

Confiabilidad

Se analizó la normalidad de los datos por Shapiro Wilk; al mismo tiempo que al mismo tiempo que los datos siguieron una distribución normal analizados en el software R. Finalmente se comprobó la confiabilidad de los datos de acuerdo a los análisis de Regresión (R^2) realizadas en el mismo programa.

3.5. Procedimientos

Contenido de micorrizas arbusculares, glomalina y concentración de reservas de carbono en suelos

Se dio inicio con la identificación y selección de las subparcelas, enmarcados dentro de cada tipo de bosque; en dichas parcelas se establecieron calicatas y se midieron bajo dos profundidades de las cuales fueron tomadas las muestras de suelo para los análisis de los indicadores. A continuación, se detalla los procedimientos de evaluación de los indicadores.

Cuantificación de esporas de HMA

Se colectaron muestras de suelo en cada cobertura vegetal en los dos bosques mencionados para la cuantificación de esporas de HMA, aplicando la metodología de León, (2006), mediante el tamizado húmedo y decantación, metodología de Gerdemann y Nicolson, (1963) y solución de sacarosa (Jenkins, 1964). Se dio inicio con el preparado de soluciones con mezcla de azúcar al 20 % y 60 %, posteriormente se refrigeró por una hora para lograr la formación de dos interfaces en un tubo de falcón.

En una placa Petri se colocó 20 g de muestra de suelo, se vació con agua al ras de la placa Petri hasta humedecer el suelo, esto fue vaciado en un depósito de 5 L, al cual se le llenó de agua en un 80 % de su capacidad y se agitó por 30 segundos para luego reposar la mezcla por un periodo de 30 segundos; seguidamente se vació los sobrenadantes en tamices de 250 y 38 μm , por 5

veces. Finalmente se colocó solución azucarada 10 ml al 20 % seguido de 20 ml al 60 %.

Se centrifugó a 3500 rpm/5 minutos para suspender las esporas en la interfaz. Finalmente se retiraron cada tubo de la centrifuga y se colocó el contenido sobrenadante en un tamiz de 38 μm , en seguida se procedió a lavar con agua corriente para eliminar restos de sacarosa, dejando libre a las esporas. Luego haciendo uso de una pizeta se colocó las esporas en una placa Petri delineada (1 cm). Por último, se observó las esporas haciendo uso de un microscopio estereoscópico a 2X de aumento.

Glomalina total (GT)

Análisis que se realizó en la UNALM se basó en colocar 30 g suelo, en los cuales se agregó 1 g de suelo y 8 ml de citrato de sodio 50 Mm, pH 8,0, se agita y puso en autoclave a 121 °C y 15 lb de presión/pulg² por 1 hora. Una vez fríos, el sobrenadante se almacena a 4°C. El suelo centrifugado se empleó hasta que el sobrenadante alcance un color rojizo casi transparente esto se logró después de varias repeticiones. Se empleó el método de Bradford (1976) para proteínas, sugerido por Wright y Upadhyay (1996) y adaptado por Borie et al. (2008), referenciado por USDA y del INVAM.

Para cuantificar la glomalina se lecturaron por espectrofotometría a 590 o 595 nm. Para evitar errores en la lectura debe hacerse antes de 5 minutos después de agregar el reactivo de Bradford.

Estimación de carbono orgánico del suelo

Se estimó la retención de COS con el método de Walkley, Black (1934) en la UNALM. Teniendo como producto a la densidad aparente y contenido de carbono en porcentaje obtenido en el laboratorio; siguiendo la metodología de Andrade y Ibrahim (2003).

$$\text{COS} = \text{Ps} * \text{Da} * \text{CO}$$

Donde:

COS (t ha⁻¹) = Carbono orgánico del suelo

Ps = Profundidad del suelo (cm)

Da = Densidad aparente (g cm⁻³)

CO = Carbono orgánico en suelos (%)

Para determinar la densidad aparente se utilizó el método del cilindro de 5,5 cm de diámetro y 5 cm de altura propuesto por Blake y Hartge. (1986) para calcular la densidad aparente (DA) del suelo en g cm⁻³, se determinó empleando la siguiente fórmula:

DA: Wd/V

donde DA es la densidad aparente (g/cm³), Wd es el peso de la muestra de suelo secada al horno (g) y V es el volumen del suelo muestreado (cm³).

Correlación entre las micorrizas arbusculares, glomalina y reservas de carbono en suelos

Se dio inicio con la sistematización de los datos extraídos de laboratorio y campo; en seguida Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo de Excel y sometido a la normalidad y pruebas de homogeneidad utilizando Shapiro-Wilk y pruebas de Levene, respectivamente para encontrar los coeficientes de correlación entre el contenido de carbono, la colonización micorrícica y el contenido de proteína del suelo relacionada con la glomalina (GRSP) en bosques primarios y deforestados en el Quinillal.

3.6. Método de Análisis de datos

Se comprobó la normalidad de los datos utilizando la prueba de Shapiro Wilk. Para estudiar el efecto de los factores (cobertura y profundidad) y su interacción, los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Duncan con una probabilidad de error del 5%. Adicionalmente se evaluó la relación entre los datos mediante el coeficiente de

correlación de Pearson. Todos los análisis fueron realizados empleando el lenguaje de programación R versión 4.0.2.

3.7. Aspectos éticos

Para esta investigación se emplearon informaciones científicas, citadas y referenciadas en dicha tesis; todo esto obtenido de documentos científicos publicados y teniendo en cuenta las NORMAS ISO y los lineamientos estructurados por la Universidad César Vallejo y Resolución N°062-2023-VI-UCV - articulación líneas investigación UCV – RSU. Aprueba la actualización del código de ética de investigación.

IV. RESULTADOS

Contenido de micorrizas arbusculares, glomalina y concentración de reservas de carbono en suelos

Número de esporas de HMA

El análisis de varianza para el número de esporas de HMA, muestra diferencia significativa debido al tipo de bosque, profundidad de suelo y la interacción entre ambos factores.

Tabla 3. Análisis de varianza para el número de esporas

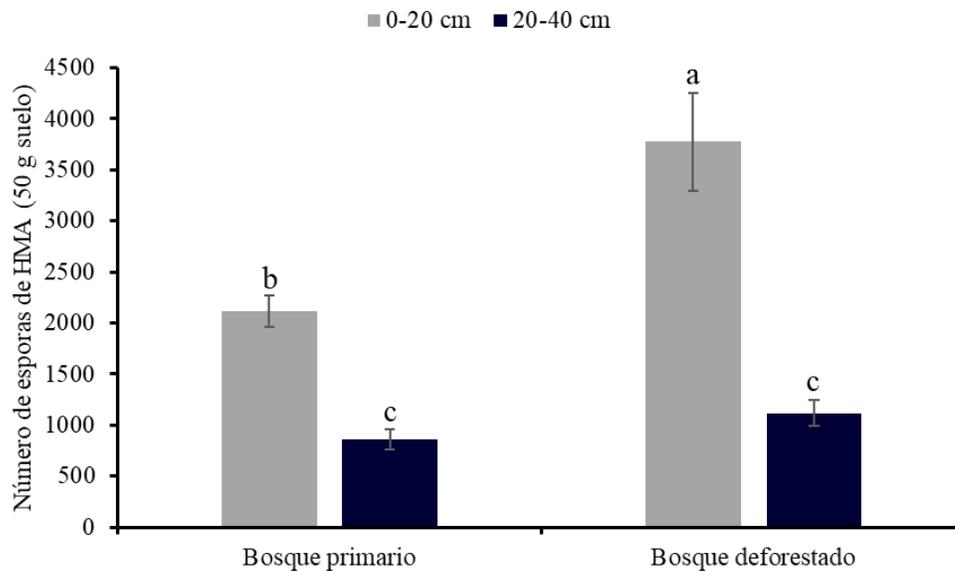
	GL	SC	CM	Fc	p-value
Tipo de bosque	1	2747547	5	13.309	0.006*
Profundidad de suelo	1	1147780 8	2	55.596	<0.001*
Cobertura*profundidad	1	1470000	3	7.12	0.028*
Residuo	8	1651602	4		
Total	11	1734695 7	1		

Fuente: Hecho por el autor

Interpretación de p: *= Significativo; n.s.= No Significativo

Según la prueba de Duncan, muestra el mayor contenido de esporas en la profundidad de 0-20 cm con un promedio de 2118. Asimismo, el valor más alto de la variable fue encontrado en el bosque deforestado 0-20 cm con un promedio de 3 775 esporas, mientras que el más bajo en el bosque primario 20-40 cm con un promedio de 862 esporas; evaluadas en 50 gramos de suelo (Figura 1). Extiende diferencias significativas en profundidades y tipo de bosques.

Figura 1. Prueba de Duncan para el número de esporas evaluadas en 50 gr de suelo



Fuente: Hecho por el autor

Contenido de glomalina

El análisis de varianza evidencia diferencia significativa en el contenido de glomalina debido al efecto de los factores tipos de bosque y profundidad de suelo.

Tabla 4. Análisis de varianza para el contenido de glomalina

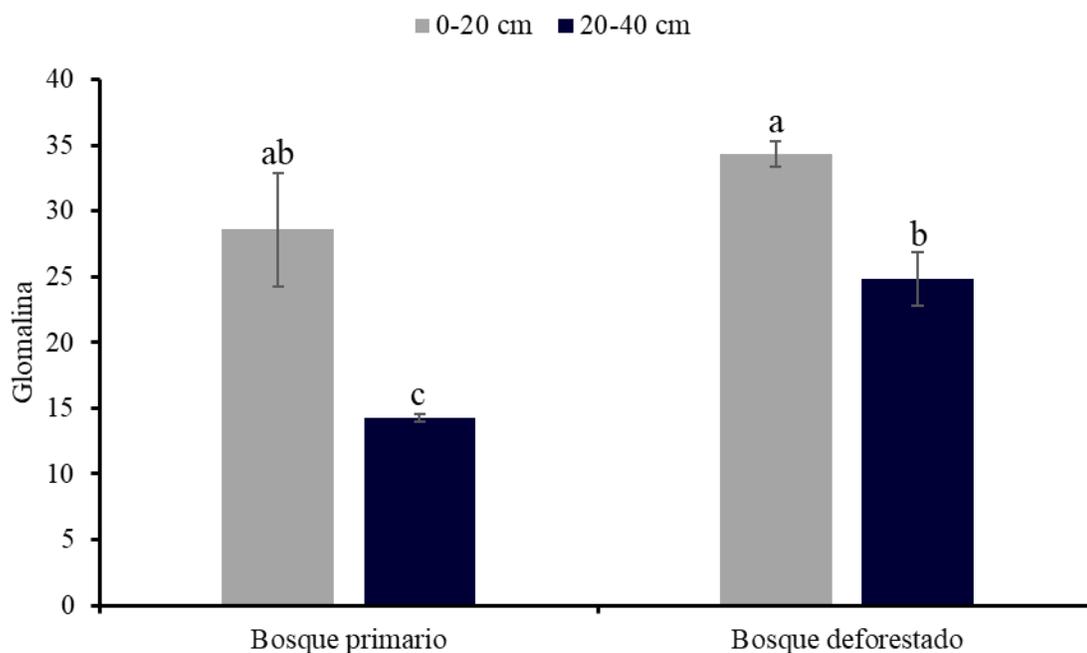
	GL	SC	CM	Fc	p-value
Tipo de bosque	1	198.84	4	11.173	0.01*
Profundidad de suelo	1	425.1	5	23.887	0.001*
Cobertura*profundida	1	17.44	2	0.980	0.351
d					n.s.
Residuo	8	142.37	3		
Total	11	783.75	1		

Fuente: El Autor

Interpretación de p: *= Significativo; n.s.= No Significativo

Según la prueba de Duncan, muestra el mayor contenido de glomalina en la profundidad de 0-20 cm con un promedio de 34.34 mg/g. Asimismo, el valor más alto de la variable fue encontrado en el bosque deforestado 0-20 cm con 28.61 mg/g de suelo, mientras que el más bajo en el bosque primario de 20-40 cm con un promedio de 14.29 mg/g (Figura 2).

Figura 2. Prueba Duncan para el contenido de glomalina (mg/g) en suelos estudiados



Fuentes. Elaboración propia

Contenido de carbono orgánico del suelo

El análisis de varianza evidencia diferencia significativa en el COS debido al efecto de los factores tipo de bosque, profundidad de suelo y la interacción de ambos factores.

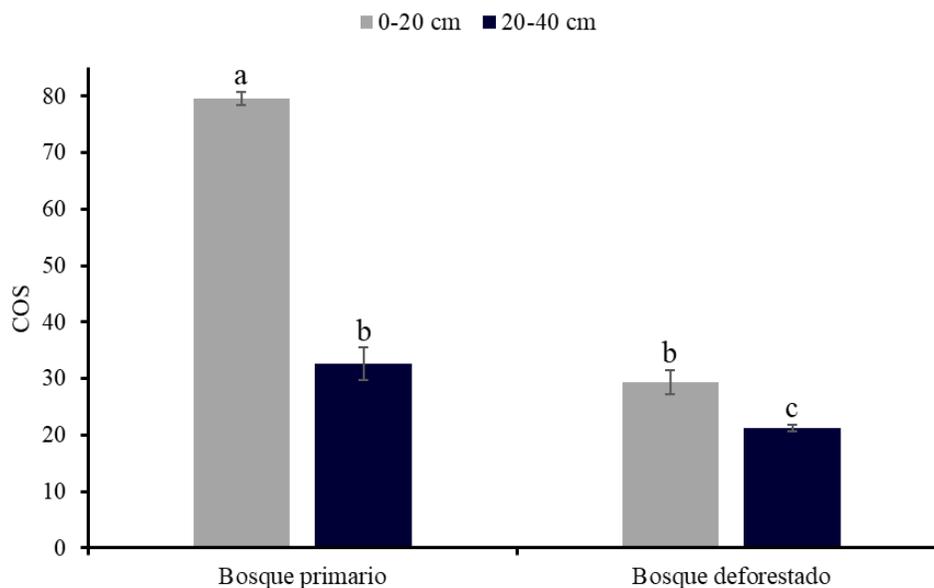
Tabla 5. Análisis de varianza para el carbono orgánico del suelo

	GL	SC	CM	Fc	p-value
Tipo de bosque	1	2845	5	258.02	<0.001*
Profundidad de suelo	1	2270.9	4	205.96	<0.001*
Cobertura*profundidad	1	1134.8	3	102.92	<0.001*
Residuo	8	88.2	2		
Total	11	6338.9	1		

Fuente: Elaboración propia

El valor más alto de la variable fue encontrado en el tratamiento bosque primario 0-20 cm con un promedio de 79.55 t. ha⁻¹; mientras que el más bajo en el tratamiento deforestado intervenido de 20-40 cm con un promedio de 21.24 t. ha⁻¹ (Figura 3).

Figura 3. Prueba de Duncan para el contenido de carbono orgánico del suelo (t. ha⁻¹) en suelos estudiados.

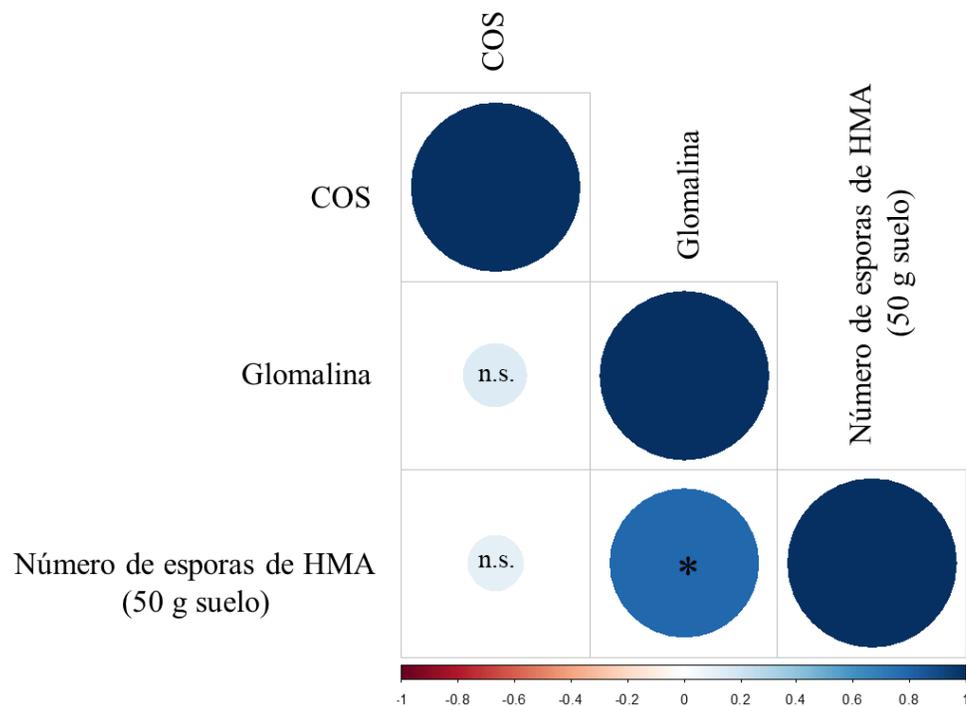


Fuentes. Elaboración propia

Correlación entre las micorrizas arbusculares, glomalina y reservas de carbono en suelos

La figura 4 muestra una correlación de un par de variables estudiadas; donde el número de esporas de HMA y contenido de glomalina mostró correlación positiva alta ($\rho= 0.7804772$), que implica que cuando aumenta el número de esporas de HMA, aumenta el contenido de glomalina en los suelos.

Figura 4. Coeficientes de correlación entre el número de esporas de HMA, glomalina y contenido de carbono en suelos de bosques



Fuente: Propia del autor

V. DISCUSIÓN

Contenido de micorrizas arbusculares, glomalina y concentración de reservas de carbono en suelos

El estudio muestra el mayor contenido de esporas y glomalina en la profundidad de 0-20 cm en el bosque deforestado; esto debido a la mayor cobertura vegetal presente en el suelos con una diversidad de malezas que han contribuido a generar altas cantidades de hojarasca que se depositan continuamente en el suelo y la presencia de raíces e hifas fúngicas crean sitios de nucleación para el crecimiento de hongos y otros microbios del suelo en los sistemas forestales, lo que da como resultado una extensa red y también una mezcla de productos de origen microbiano y vegetal (mucílago), con la glomalina entre ellos (Cristiane et al., 2020)

Se ha considerado que los HMA no solo promueven la formación de agregados en el suelo y la fijación de carbono orgánico, sino que también mejoran la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y resistir el estrés de las plantas (Smith, 2008). El HMA se propaga en el suelo a través del crecimiento micelio utilizando proteínas hidrofóbicas estables llamadas proteínas del suelo relacionadas con la glomalina (GRSP). Además, GRSP se conoce como "superpegamento" debido a su capacidad de unión, que es de tres a diez veces más fuerte que la de los carbohidratos comunes (Wright and Upadhyaya et al., 1998). GRSP puede agregar partículas de suelo pequeñas e inestables en agregados más grandes y estables, mejorando así la permeabilidad al agua del suelo, la estabilidad del suelo y la estructura de los poros. (Sekaran et al., 2021). Esto hace que sea menos probable que se produzca la descomposición de la materia orgánica del suelo y aumenta la acumulación de COS. (Ambos et al., 2010). Así mismo se plantea, que HMA ayuda a reducir los daños causados por la erosión ya mantener la estructura del suelo, mediante la producción de micelio y sustancias adherentes (Lozano Sánchez et al., 2015) como la glomalina, esta última, favorece la formación de agregados, retención de materia orgánica y

captura de carbono en el suelo (Nautiyal et al., 2019). Además, la presencia de microorganismos en el suelo aumenta la agregación del suelo, mejora los nutrientes y mejora la fertilidad del suelo (Basán y de-Bashan, 2010; Kheirfam et al., 2017). Estos aumentan la capacidad de almacenamiento de C del suelo al crear un ambiente favorable que promueve el establecimiento de musgos, líquenes y plantas herbáceas y perennes (Molina-Montenegro et al., 2016).

Correlación entre las micorrizas arbusculares, glomalina y reservas de carbono en suelos

En el presente estudio solo hubo correlación del número de esporas de HMA con el contenido de glomalina; mas no hubo correlación de estas variables con el contenido de carbono. Sin embargo, Muchos autores indican que los hongos micorrizas arbusculares juegan un papel esencial en el ciclo global del C. Las hifas de los HMA participan en la transferencia de carbono al suelo y son un eslabón clave en el ciclo del carbono terrestre (Finlay, 2008). De hecho, el HMA es un agente eficaz que mejora el secuestro de carbono a través de mecanismos de translocación de carbono, evitando la alta actividad respiratoria alrededor de las raíces y en la acumulación del suelo (Zhu y Miller, 2003). A medida que aumentan los niveles de CO₂ atmosférico, la asignación de carbono de las plantas a los HMA también aumenta y estimula el crecimiento de los HMA (Drigo et al., 2010). Este requerimiento de carbono lo proporciona el carbono fijado por la planta huésped a través de la fotosíntesis (Parihar et al., 2020). Además, las hifas extramatriciales de HMA representan del 20 al 80 % de la biomasa microbiana del suelo, que consiste en un 15 % del C orgánico del suelo (Leake et al., 2004). Los HMA también desempeñan un papel importante en la formación y mantenimiento de los depósitos del suelo mediante la producción de glomalina. Esta glomalina protege los materiales orgánicos de la descomposición microbiana, aumenta la hidrofobicidad y la estabilidad de los macroagregados, controla la pérdida de carbono del suelo y aumenta el almacenamiento de carbono del suelo.

(Rillig et al., 2010).). Se necesita más investigación para aclarar el papel de los HMA en la dinámica de secuestro de carbono del suelo. En particular, esto incluye determinar la cantidad de carbono fijado por los HMA, ya que la falta de conocimiento significa que los HMA no pueden incluirse actualmente en los modelos de reducción de carbono atmosférico. Además, existe información escasa sobre la regulación del intercambio de carbono y nutrientes en la interfaz de micorrizas.

VI. CONCLUSIONES

- El mayor número de esporas de HMA fue encontrado en el bosque deforestado 0-20 cm con un promedio de 3 775 esporas; mientras que el mayor contenido de glomalina se presentó en la profundidad de 0-20 cm con un promedio de 34.34 mg/g y el más alto contenido de carbono fue encontrado en el tratamiento bosque primario 0-20 cm con un promedio de 79.55 t. ha⁻¹;
- El número de esporas de HMA y contenido de glomalina mostró correlación positiva alta, que implica que cuando aumenta el número de esporas de HMA, aumenta el contenido de glomalina en los suelos.
- No se evidencia correlación positiva entre el contenido de HMA, glomalina y reserva de carbono en las profundidades estudiadas; por lo tanto, se requieren otros estudios para distinguir el papel de los HMA en la dinámica del secuestro de carbono en los suelos.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con mayores profundidades de suelos y comprobar la existencia de los HMA y glomalina a lo largo de las profundidades de los suelos en diferentes bosques de Picota.
- Realizar estudios en diferentes cultivos agrícolas para comprobar la distribución de la glomalina y la agregación del suelo en la mejora de la fertilidad del suelo.
- Analizar la extensa red de hifas de los HMA y los almacenamientos de carbono en dichas estructuras filamentosas.
- Compartir la información de los contenidos de carbono orgánico con representantes y autoridades con la finalidad de buscar alternativas de protección y conservación de los árboles en bosques seco.

REFERENCIAS

AM PUGH, Thomas et al., 2019. *Papel de la regeneración de los bosques en la dinámica global de los sumideros de carbono. proc. nacional Academia ciencia EE. UU.* 116, 4382–4387. [doi: 10.1073/pnas.1810512116](https://doi.org/10.1073/pnas.1810512116).

BARBERÁN, Albert, et al, 2012. “Uso de análisis de red para explorar patrones de co-ocurrencia en comunidades microbianas del suelo”. *ISME J.* 6, 343–351. Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21900968/>.

BASÁN, Y.; DE-BASHAN, LE, et al, 2010. “Microbial Populations of Arid Lands and their Potential for Restoration of Deserts”. En *Biología del Suelo y Agricultura en los Trópicos*; Springer: Berlín/Heidelberg, Alemania. Disponible en https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-05076-3_6.

BASTIN, JF., et al., 2019. *El potencial global de restauración de árboles. Ciencia* 365, 76–79. Disponible en [DOI: 10.1126/ciencia.abc8905](https://doi.org/10.1126/ciencia.abc8905).

BELAL HOSSAIN, Maryland, 2021. “*Glomalina y contribución de la glomalina al secuestro de carbono en el suelo: una revisión*”. *Turco. J. Agric. ciencia de la comida Tecnología* 9, 191–196. Disponible en [doi: 10.24925/turjaf.v9i1.191-196.3803](https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.191-196.3803).

BONAN, Gordon B., 2008. *Los bosques y el cambio climático: forzamientos, retroalimentaciones y los beneficios climáticos de los bosques. Ciencia* 320, 1444–1449. Disponible en [doi: 10.1126/ciencia.1155121](https://doi.org/10.1126/ciencia.1155121).

BREWER, Pablo E, et al., 2019. “Agregados del suelo como reactores biogeoquímicos e implicaciones para el intercambio suelo-atmósfera de gases de efecto invernadero-Un concepto”. *globo Cambio Biol.* 25, 373–385. Disponible en <https://doi.org/10.1111/gcb.14515>.

BRUNDRETT, MC 2009.” *Asociaciones de micorrizas y otros medios de nutrición de las plantas vasculares: comprensión de la diversidad global de las plantas huésped mediante la resolución de información contradictoria y el desarrollo de medios confiables de diagnóstico*”. *Plantas Suelo* 320: 37-77. Disponible en doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9877-9>.

CANEDELL, Josep G., 2008. *Manejo de bosques para la mitigación del cambio climático*. *Science*, 320 (5882), 1456-1457. Disponible en [DOI: 10.1126/science.1155458](https://doi.org/10.1126/science.1155458).

C.RILLIG, Matthias et al, 2002. “El papel de los hongos micorrízicos arbusculares y la glomalina en la agregación del suelo: comparación de los efectos de cinco especies de plantas”. *Suelo vegetal* 238, 325–333. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014483303813>.

C.RILLIG, Matthias et al, 2004. “Micorrizas arbusculares, glomalina y agregación del suelo”. *Poder. J. Ciencias del suelo.* 84, 355–363. Disponible en <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/S04-003>.

C. RILLIG, Matthias., et al, 2010. “Material derived from hydrothermal carbonization: Effects on plant growth and arbuscular mycorrhiza”. *Appl. Soil Ecol.* Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.04.011>

CUARTERO MOÑINO, Jessica et al, 2020. La red de coocurrencia

microbiana terrestre revela un patrón de interconexión entre los microbiomas. *Microbioma* 8:82. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8457918>.

CHE, R., WANG, S., WANG, Y., XU, Z., WANG, W., RUI, Y., et al, 2019. “*Los perfiles de la comunidad fúngica total y activa del suelo se vieron significativamente alterados por seis años de calentamiento, pero no por el pastoreo*”. *Biol. del suelo Bioquímica* 139:107611. Disponible en [doi: 10.1016/j.soilbio.2019.107611](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107611).

DRIGO, Barbara, et al, 2010. “*Shifting carbon flow from roots into associated microbial communities in response to elevated atmospheric CO2*”. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.0912421107>.

DU, Jiangxue. et al, 2022. “*Distribución de carbono orgánico y estabilidad de los agregados del suelo en respuesta a la adición de fósforo a largo plazo en diferentes tipos de uso de la tierra*”. *Labranza del suelo Res.* 215:105195. Disponible en [https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105195-](https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105195)

ETCHEVERRÍA TOIRKENS, Paulina Soledad et al, 2009. “*Glomalina En Bosques Templados Y En Una Plantación De Pseudotsuga Menziesii En La Cordillera De Los Andes, Centro-Sur De Chile*”. Tesis para optar el grado académico de Doctor en ciencias de recursos naturales. Disponible en <https://doctoradornn.ufro.cl/wp-content/uploads/2021/01/21-paulina-etcheverria.pdf> .

FINLAY, Roger. D., 2008. “*Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium*”. *J. Exp. Bot.* 59, 1115–1126. doi:

10.1093/jxb/ern059 disponible en <https://doi.org/10.1093/jxb/ern059>.

GAIL WT, Wilson, 2009. “*La agregación del suelo y el secuestro de carbono están estrechamente relacionados con la abundancia de hongos micorrízicos arbusculares: resultados de experimentos de campo a largo plazo*”. Ecol. Letón. 12, 452–461. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01303.x>.

GAIL W. T. Wilson., 2009. “Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments”. Ecology Letters. 12, 452–461. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01303.x>.

GEHRING, CA, STHULTZ, CM, FLORES-RENTERÍA, L., WHIPPLE, AV Y WHITHAM, TG., 2017. *Tree genetics defines fungal partner communities that may confer drought tolerance*. proc. Nat. Academia ciencia EE. UU. 114, 11169–11174. doi: 10.1073/pnas. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.1704022114>

GISPERT, Maria. et al., 2013. “*The impact of land management and abandonment on soil enzymatic activity, glomalin content and aggregate stability*”. Geoderma 202, 51–61. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.03.012>.

HEINEMEYER, Andreas et al., 2004. “*Impacto del calentamiento del suelo y la sombra sobre la colonización y la estructura de la comunidad de hongos micorrízicos arbusculares en las raíces de una comunidad de pastizales nativos*”. Global change Biology. 10, 52–64. Disponible en [doi: 10.1111/j.1365-2486.2003.00713.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2003.00713.x).

HOSSAIN, M. Belal, 2021. “*Glomalin and Contribution of Glomalin to*

Carbon Sequestration in Soil: A Review". Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 9(1), 191–196.
<https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.191-196.3803>.

JUE Dai., et al, 2015. "No tillage enhances arbuscular mycorrhizal fungal population, glomalin-related soil protein content, and organic carbon accumulation in soil macroaggregates". J. Soils Sediments 15, 1055–1062. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-015-1091-9>

KHEIRFAM, Hossein; HAMIDREZA SADEGHI, Seyed. et al, 2017 "Quality improvement of an erosion-prone soil through microbial enrichment". Labranza del suelo Res. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.08.021>.

LEWIS, Simon L., 2019. "Comentario sobre "El potencial mundial de restauración de árboles". Ciencia 366:aaz0388 disponible en [DOI: 10.1126/ciencia.aaz0388](https://doi.org/10.1126/ciencia.aaz0388).

LOZANO SÁNCHEZ, Juan David. et al, 2015. "Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos". Acta Agron. 64: 289-29. Disponible en doi: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n4.46045>.

MANOJ Parihar, et al, 2020. "The potential of arbuscular mycorrhizal fungi in C cycling: a review". Arch. Microbiol. 202, 581–1596. Disponible en [doi: 10.1007/s00203-020-01915-x](https://doi.org/10.1007/s00203-020-01915-x).

MOLINA-MONTENEGRO, Marco A et al, 2016. "Nurse effect and soil microorganisms are key to improve the establishment of native plants in a semiarid community". Medio Árido. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.10.016>.

NAUTIYAL, Prachi, 2019. "Role of glomalin in soil carbon storage and its variation across land uses in temperate Himalayan regime". *Biocatal. agricola* Biotecnología. 21: 101311. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101311>.

NICHOLS, KA Y WRIGHT, SF., 2006. "Carbon and nitrogen in operationally defined soil organic matter pools". Publicado por la revista *springer link*. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s00374-006-0097-2>.

PAVITHRA. Dhanushi et al, 2018. "Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation enhances drought stress tolerance of plants". *Agua subterránea Sust. Desarrollar*. 7: 490-494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2018.03.005>.

PLAZA, César, 2013. "Physical, chemical, and biochemical mechanisms of soil organic matter stabilization under conservation tillage systems: a central role for microbes and microbial by-products in C sequestration". *Soil Biology and Biochemistry*. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.07.026>

PANG, Dangwei et al., 2020. *Cambios en el almacenamiento de carbono asociado a micro y macroagregados del suelo después de la incorporación de paja*. *Catena* 190:104555. Disponible en [doi: 10.1016/j.catena.2020.104555](https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104555).

PRACHI Nautiyal, et al., 2019. "Role of glomalin in soil carbon storage and its variation across land uses in temperate Himalayan regime,". *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 21, 101311, disponible en

<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101311>.

PHILLIPS, Oliver L., 2017. *Carbon uptake by mature Amazon forests has mitigated Amazon nations' carbon emissions*. Phillips and Brienen Carbon Balance Manage disponible en [DOI 10.1186/s13021-016-0069-2](https://doi.org/10.1186/s13021-016-0069-2)

SIX, Johan., 2014. Aggregate-associated soil organic matter as an ecosystem property and a measurement tool. *Soil Biology and Biochemistry*. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.06.014>.

SINGH, Geeta., Bhattacharyya, R., Das, T.K., Sharma, A.R., Ghosh, A., Das, S., Jha, P., 2018. “*Crop rotation and residue management effects on soil enzyme activities, glomalin and aggregate stability under zero tillage in the Indo-Gangetic Plains*”. *Soil Tillage Res.* 184, 291–300. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.006>.

SOLIS, R., VALLEJOS-TORRES, G., ARÉVALO, L Y CACERES, B., 2022. “*Mycorrhizal effects on glomalin-related soil protein and chlorophyll contents in coffee plants in the Peruvian Amazon*”. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 52, e72303, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272303>.

SILVA MATOS, Priscila et al., 2022. “*Modificaciones a corto plazo de hongos micorrízicos, glomalina y atributos del suelo en una agrosilvicultura tropical*”. *Acta Oecol.* 114:103815. Disponible en [doi: 10.1016/j.actao.2022.103815](https://doi.org/10.1016/j.actao.2022.103815).

TRESEDER, K.K., Allen, M.F., 2000. “*Mycorrhizal fungi hve a potential role in soil carbon storage under elevated CO2 and nitrogen deposition*”. *New Phytol.* 147, 189–200. Disponible en <https://doi.org/10.1046/j.1469->

[8137.2000.00690.x.](https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104885)

UDAYAKUMAR, Sekaran et al., 2021. *Agregados del suelo, carbono y nitrógeno asociados a los agregados y retención de agua influenciados por sistemas de labranza cero a corto y largo plazo*. publicado la revista EL SEVIER Res. 208:104885. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104885>.

VIOLI, Helen A. et al, 2007. “*Density dependence and interspecific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi mediated plant growth, glomalin production, and sporulation*”. Can. J. Bot. 85, 63–75 Disponible en <https://doi.org/10.1139/b06-151>.

WANG Wenjie . et al, 2017. “*Glomalin contributed more to carbon, nutrients in deeper soils, and differently associated with climates and soil properties in vertical profiles*”. Revista Scientific reports. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12731-7>.

WARING Bonnie, 2020. *Bosques y descarbonización: funciones de los bosques naturales y plantados*. Department of Biology, Utah State University, Logan, UT, United States. [doi: 10.3389/ffgc.2020.00058](https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.00058)

W VELDMAN, Joseph et al, 2019. Comente sobre 'El potencial global de restauración de árboles'. *Ciencia* 366:7976. Disponible en [doi: 10.1126/ciencia.aay7976](https://doi.org/10.1126/ciencia.aay7976).

Wilson, GW, Rice, CW, Rillig, MC, Springer, A. y Hartnett, DC., 2009. “*Estudio De Las Comunidades De Hongos Formadores De Micorrizas Arbusculares En Soja: Relación Con La Nutrición Fosforada En Agroecosistemas*”. Tesis presentada para optar al grado de Doctor en

Ciencias Naturales. Disponible en http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/documentos/tesis/tesis_1460.pdf

YANG, Wey. et al, 2013. “*La respuesta de la comunidad de hongos micorrízicos arbusculares al calentamiento y al pastoreo difiere entre el suelo y las raíces en la meseta tibetana de Qinghai*”. *PLoS Uno* 8:e76447. Disponible en [doi: 10.1371/journal.pone.0076447](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076447).

YONG-GUAN, Zhu et al, 2004.” *Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning*”. *Can. J. Bot.* 82, 1016–1045. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(03\)00184-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(03)00184-5).

YONG-GUAN, Zhu. et al, 2003. “*Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems*”. *Trends Plant Sci.* 8, 407–409. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(03\)00184-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(03)00184-5).

ZHAO, Cancan. et al, 2015. “*Soil microbial community structure and activity in a 100-year-old fertilization and crop rotation experiment*”. *J. Plant Ecol.* 8, 623–632. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jpe/rtv007>

ANEXOS

Matriz de operacionalización de variables

	VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Tipos de bosques	Las interacciones funcionales entre plantas y microbios son impulsores determinantes para la adaptación de las plantas a los estresores ambientales, entre ellos factores severos y frecuentes causados por el clima (Gehring et al., 2017).	Se establecieron subparcelas de 400 m ² en seis hectáreas (tres ha de bosque primario y tres ha de bosque deforestado), se planteó como objetivo analizar el potencial de las micorrizas arbusculares en los contenidos de glomalina y reservas de carbono en suelos del bosque quinillal.	Tipo de bosque	Bosque primario Bosque deforestado	ha, m ²
	Profundidades de suelos			Profundidad de suelo	0-20 cm 20-40 cm	
DEPENDIENTE	Carbono orgánico del suelo	Los hongos micorrízicos arbusculares juegan un papel importante en la determinación de la dinámica de la estructura del suelo. La proteína del suelo relacionada con la glomalina (GRSP) producida en las paredes celulares de las hifas es un almacén de carbono (Nautiyal et al., 2019)	Se evaluaron carbono de la biomasa herbácea y hojarasca en base a la cantidad de maleza presente por m ² ; carbono aéreo se consideró una cinta diamétrica y un clinómetro, finalmente el COS se midió a partir del muestreo en perfiles del suelo	Carbono en suelos	COS	t/ha
	Glomalina			Glomalina total	Glomalina	g/mg
	Esporas de HMA			Número de esporas de HMA	Número de esporas de HMA	Conteo

Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

I. ASPECTOS DE VALIDACION
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	
ACTUALIDAD	instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación ilegal inherente a la variable: contenido de glomalina					x
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respeto a la variable, de manera que permitan hacer inferencia en la función de la hipótesis, problema y objetivos e la investigación.					x
SUFICIENTE	los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde a la variable, dimensiones y indicadores.					x
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos hipótesis y variable de estudio contenido de glomalina					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 instrumentó expresa la relación con los indicadores de cada dimensión de la variable contenido de glomalina					x
METODOLOGIA	la relación entre la técnica y el instrumento propuesto, responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					x
PERTINECIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					x
PUNTAJE TOTAL						x

(nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 Excelente, sin embargo, un puntaje menos a anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable)

II. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento es valido
Promedio de valoración: 44

Tarapoto 04 de abril del 2023



Dr. Aníbal Torresino Chirpa
 INGENIERO AMBIENTAL
 C.V. 159414

Activar Windows
 Ve a Configuración para activar Winc



Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

I. ASPECTOS DE VALIDACION
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
ACTUALIDAD	instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación ilegal inherente a la variable: contenido de glomalina					X
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respeto a la variable, de manera que permitan hacer inferencia en la función de la hipótesis, problema y objetivos e la investigación.					X
SUFICIENTE	los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde a la variable, dimensiones y indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos hipótesis y variable de estudio contenido de glomalina					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 instrumentó expresa la relación con los indicadores de cada dimensión de la variable contenido de glomalina					X
METODOLOGIA	la relación entre la técnica y el instrumento propuesto, responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINECIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 Excelente, sin embargo, un puntaje menos a anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable)

II. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento es valido

Promedio de valoración 44

Tarapoto 04 de abril del 2023

El instrumento es válido


M. Sc. Harry Saavedra Alva
D.N.I. 43248223



Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

I. ASPECTOS DE VALIDACION
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
ACTUALIDAD	instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación ilegal inherente a la variable: contenido de glomalina				X	
ORGANIZACIÓN	los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respeto a la variable, de manera que permitan hacer inferencia en la función de la hipótesis, problema y objetivos e la investigación.					X
SUFICIENTE	los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde a la variable, dimensiones y indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos hipótesis y variable de estudio contenido de glomalina					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 instrumentó expresa la relación con los indicadores de cada dimensión de la variable contenido de glomalina				X	
METODOLOGIA	la relación entre la técnica y el instrumento propuesto, responde al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINECIA	la redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						43

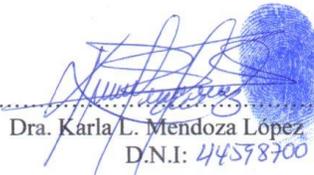
(nota: tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 Excelente", sin embargo, un puntaje menos a anterior se considera al instrumento no valido ni aplicable)

II. OPINION DE APLICABILIDAD

El instrumento es valido
Promedio de valoración:

Tarapoto 04 de abril del 2023

El instrumento es válido


Dra. Karla L. Mendoza López
D.N.I: 44598700

Anexo 3. Mediciones de carbono, glomalina y esporas de HMA en suelos

Tipo de cobertura	Profundidades de suelo (cm)	Numero de esporas de HMA	Contenido de glomalina (g/mg)	Corgancio del suelo (t/ha)
Bosque primario	0- 20			
	20-40			
Bosque deforestado	0- 20			
	20-40			

Figura 1. Identificación de zonas boscosas y elaboración de cilindro metálico



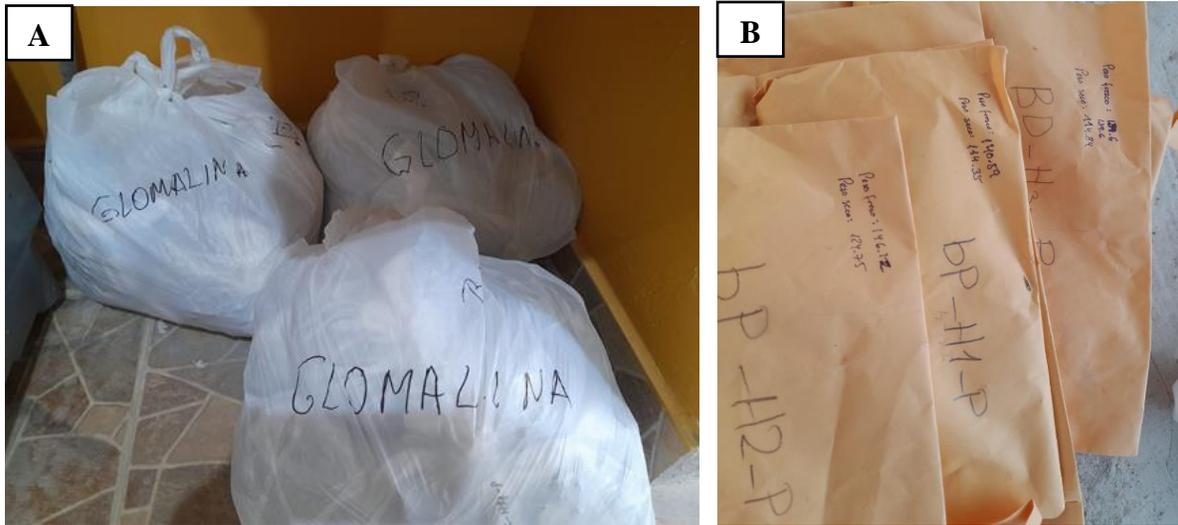
Nota. (A) Alineado y determinación de muestras en campo y (B) Cilindro metálico usado en la determinación de la densidad aparente

Figura 2. Apertura de calicatas



Nota. (A) Apertura de calicatas en bosque deforestado y (B) Recojo de muestras de suelo para glomalina y carbono

Figura 3. Empaquetado de muestras para los análisis de glomalina, carbono y densidad de suelos



Nota. (A) Muestras para análisis de glomalina y (B) Muestras para análisis de carbono y densidad aparente carbono