



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Efecto de la inoculación de micorrizas y rhizobium en la calidad biológica de  
suelos arenosos de Santa Elvira, Chao – Virú”

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

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Dilmer Bernabé Pastor Calderón (ORCID: 0000-0001-8242-5982)

Justa Vanesa Terrones Araujo (ORCID: 0000-0002-7894-1500)

**ASESORES:**

Dr. José Alfredo Cruz Monzón (ORCID: 0000-0002-6211-4578)

Ms German Luis Huerta Chombo (ORCID: 0000-0002-6211-4578)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**TRUJILLO - PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Yo Pastor Calderon Dilmer Bernabe. En primer lugar, a Jehová por hacer posible mi existencia en este mundo, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar día a día durante todo este proceso formativo y por haberme permitido llegar a estas alturas.

A mi familia por su sacrificio, esfuerzo, tiempo e inversión en mí y por hacer de mí una mejor persona con valores ante la sociedad y por haber confiado plenamente en mí persona.

Yo Terrones Araujo Justa Vanesa, a Dios por darme la oportunidad de existir y estar conmigo en cada momento, por fortalecer mi corazón en cada adversidad y por haberme hecho mejor persona.

A mis padres y hermanos quienes son un ejemplo de vida a seguir a pesar de las caídas duras que hemos tenido que enfrentar, siempre están ahí para aconsejarme y para brindarme su apoyo incondicional.

## **Agradecimiento**

A Dios por darnos vida, salud, fuerza y capacidad para haber llegado alcanzar uno de nuestros mayores anhelos de nuestra vida profesional y por permitirnos presenciar este momento tan importante de alegría felicidad para nosotros mismos y para todos nuestros seres queridos.

A nuestros padres y hermanos por su cariño de siempre por su apoyo incondicional en nuestras vidas, por su apoyo moral y económico y por creer en nosotros desde el principio, además por su sacrificio y buenas vibras, lo cual todo esto ha hecho posible lograr alcanzar uno de nuestros mayores deseos de nuestra vida profesional.

A nuestros tíos, primos y amigos que también siempre estuvieron para nosotros en los momentos difíciles de nuestra vida profesional con sus buenos consejos y su buena comprensión.

A todos los docentes que nos brindaron sus conocimientos y ética durante la carrera profesional, en especial al Dr. Quezada Álvarez Medardo Alberto y al Ing. Cruz Monzón, José Alfredo por su tiempo y comprensión en asesoría y su gran aporte brindado en este trabajo de investigación.

## **Página del jurado**

## **Página del jurado**

## **Declaratoria de autenticidad**

## Índice

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice .....	vii
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
Resumen.....	x
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO .....	10
2.1. Tipo y diseño de investigación .....	10
2.2. Operacionalización de variables.....	11
2.3. Población, muestra y muestreo.....	12
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	13
2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
2.4.2. Validez y confiabilidad.....	13
2.5. Procedimiento.....	13
2.6. Métodos de análisis de datos.....	15
2.7. Aspectos éticos.....	15
III. RESULTADOS .....	16
IV. DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES .....	25
VI. RECOMENDACIONES .....	26
REFERENCIAS .....	27
ANEXOS .....	33

## Índice de tablas

Tabla N°01: Operacionalización de variables .....	11
Tabla N°02: Puntos de muestreo del sector Santa Elvira. Chao-Virú.....	13
Tabla N°03: Prueba de Shapiro-Wilk y Levene para los parámetros de calidad del suelo .	18
Tabla N° 04 Análisis de varianza ANOVA.....	19
Tabla N°05: Diferencia de medias entre los grupos experimentales.....	19
Tabla N°06: Diferencia de medias entre los grupos experimentales.....	20
Tabla N° 07: Diferencia de medias entre los grupos experimentales.....	20
Tabla N° 08: Número mínimo de puntos de muestreo por el muestreo de identificación ..	33
Tabla N°09: Profundidad del muestreo según el uso del suelo .....	34
Tabla N°10: Ficha de muestreo .....	34
Tabla N°11: Ficha técnica de la micorriza .....	34
Tabla N°12: Valores normales de microorganismos observados en diferentes suelos .....	38
Tabla N° 13: Métodos analíticos para análisis de suelo .....	38
Tabla N° 14: Resultados experimentales con sus respectivas repeticiones.....	39
Tabla N° 15: Promedios de los resultados experimentales.....	39
Tabla N° 16: Matriz de consistencia.....	48



## Índice de figuras

Figura N° 01: Puntos de muestreo sobre el área de estudio .....	12
Figura N°02: Carbono, nitrógeno y relación C/N en los grupos experimentales .....	16
Figura N° 03: Población de hongos y bacterias en los grupos experimentales .....	17
Figura N° 04: raíz de <i>Phaseolus v.</i> y pH en los grupos experimentales .....	17
Figura N° 05: medición del punto de muestre .....	35
Figura N°06: Peso de la sub muestra.....	35
Figura N° 07: toma de apuntes .....	35
Figura N° 08: Tamizado del suelo.....	35
Figura N° 09: germinación de <i>Phaseolus vulgaris</i> .....	36
Figura N°10: Preparacion del suelo.....	36
Figura N° 11: inóculo de <i>Rhizobium</i> 1x10 <sup>12</sup> UFC .....	36
Figura N°12: Micorrizas 50g.....	36
Figura N° 13: muestras para C, N y C/N.....	37
Figura N° 14: Muestra para analisis en aboratorio.....	37
Figura N°15: <i>Phaseolus v.</i> en los diferentes tratamientos a los 45 días de siembra.....	37
Figura N°16: Medición de raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i> .....	37
Figura N°17: Primera repetición de carbono, nitrógeno y relación C/N de muestra testigo .....	50
Figura N°18: 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> repetición de carbono, nitrógeno y relación C/N (muestra testigo).....	51
Figura N°19: 1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> repetición de carbono, nitrógeno y relación C/N.....	52
Figura N°20: 1 <sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (muestra testigo) .....	53
Figura N°21: 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (muestra testigo).....	54
Figura N°22: 1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (grupo micorrizas) .....	55
Figura N°23: 1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (grupo <i>Rhizobium</i> ).....	56
Figura N°24:1 <sup>era</sup> , 2 <sup>da</sup> y 3 <sup>era</sup> repetición de hongos y bacterias (grupo micorrizas+ <i>Rhizobium</i> ).....	57
Figura N°25: Procedimiento para el recuento de hongos y bacterias en la muestra de suelo .....	58

## Resumen

El presente estudio fue evaluado en función de los parámetros de carbono orgánico total (%), nitrógeno total (%), relación carbono nitrógeno C/N, población de hongos y bacterias (UFC.g<sup>-1</sup> suelo), desarrollo de la raíz de *Phaseolus vulgaris* (cm) y pH. En cuanto al tipo de investigación fue experimental con diseño de grupo control y grupo que recibe los tratamientos a diferentes cantidades de inoculación de micorrizas y *Rhizobium*. Con respecto a la toma de muestra se consideró no probabilística por conveniencia conformada por 57kg de suelo obtenida de una población de aproximadamente 85 ha del sector Santa Elvira. La técnica e instrumento de recolección de datos que se han usado esta la observación de campo-experimental y la ficha de registro de datos, por otro lado, los análisis de los resultados se realizaron a través del programa IBM SPSS Statistics 21 con un nivel de confianza del 95% y Excel 2016, por consiguiente, se realizó pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas, análisis de varianza (ANOVA) y Post hoc (Tukey<sup>a, b</sup>) para la comprobación de los resultados. Finalmente, de manera general se concluye que la inoculación de micorrizas + *Rhizobium* fue más efectiva en todos los parámetros evaluados que determinan la calidad biológica del suelo, con valores de 2% de carbono orgánico total, 0.12% de nitrógeno total, 3.84 en relación C/N respecto al grupo control, además dio como resultado una mayor población de hongos y bacterias de 31.67 x10<sup>3</sup> UFC.g<sup>-1</sup> suelo y 3.78 x10<sup>6</sup> UFC.g<sup>-1</sup> suelo respectivamente, un mayor desarrollo de las raíces de *Phaseolus vulgaris* que llegaron hasta un total de 16.47cm de longitud con un incremento de 5.32 cm respecto al grupo control y un pH de 7.52 que es más favorable para el desarrollo de las plantas y los microorganismos que viven en el suelo.

**Palabras claves:** Inoculación, micorrizas, *Rhizobium*, parámetros.

## Abstract

The present study was evaluated based on the parameters of total organic carbon (%), total nitrogen (%), carbon C / N nitrogen ratio, population of fungi and bacteria (CFU. G -1 soil), root development of *Phaseolus vulgaris* (cm) and pH. Regarding the type of research, it was experimental with the design of a control group and a group that receives treatments at different amounts of inoculation of mycorrhizae and *Rhizobium*. Regarding the sampling, it was considered non-probabilistic due to the convenience of 57kg of soil obtained from a population of approximately 85 ha of the Santa Elvira sector. The technique and instrument of data collection that have used is the field- experimental observation and the data record, on the other hand, the analysis of the results was performed through the IBM SPSS Statistics 21 program with a level of 95% confidence and Excel 2016, therefore, tests of normality, homogeneity of variances, analysis of variance (ANOVA) and Post hoc (Tukey a, b) were performed to verify the results. Finally, it is generally concluded that the inoculation of mycorrhizae + *Rhizobium* was more effective in all the parameters evaluated that determine the biological quality of the soil, with values of 2% of total organic carbon, 0.12% of total nitrogen, 3.84 in relation to C / N with respect to the control group, also resulted in a greater population of fungi and bacteria of  $31.67 \times 10^3$  CFU-1 soil and  $3.78 \times 10^6$  CFU-1 soil respectively, a greater development of *Phaseolus vulgaris* roots that reached up to a total of 16.47cm in length with an increase of 5.32 cm with respect to the control group and a pH of 7.52 which is more favorable for the development of plants and microorganisms that live in the soil.

**Keywords:** Inoculation, mycorrhizae, *Rhizobium*, parameters.

## I. INTRODUCCIÓN

La disminución general de la calidad biológica del suelo es uno de los problemas globales que se viene presentando en las últimas décadas, debido a factores tanto naturales como antropogénicos los cuales generan impactos negativos en sus propiedades tanto físicas, químicas y biológicas del suelo. (Lal, 2015)

Asimismo, el mal uso y la mala gestión del recurso suelo se ha vuelto un proceso descendente cada vez mayor como consecuencia de las malas prácticas agrícolas, las cuales involucran la aplicación intensiva de insumos químicos, empleo de maquinaria pesada, monocultivos agroindustriales, sobrepastoreo, entre otros. Los cuales todos estos alteran las propiedades biológicas del suelo fomentando la aparición de fenómenos como la erosión, salinidad, compactación edáfica y contaminación del mismo. (Karles y Rice, 2015)

De igual manera los sistemas agrícolas en todo el mundo por el mal manejo y aplicación intensiva de los agroquímicos traen efectos negativos al medio ambiente, en especial al suelo por los procesos de lixiviación, muerte de microorganismos, contaminación del agua subterránea, acidificación o alcalinización, lo cual todo ello puede reducir su calidad biológica del suelo en cuanto a su fertilidad. Asimismo, el exceso de estos agroquímicos en los cultivos puede llegar a afectar a la salud de las personas por la aparición de enfermedades como la anemia, desnutrición, malformación congénita e infecciones respiratorias y eventualmente puede conducir al cáncer. (Uddin,2018)

Por otro lado, en el Perú se vienen desarrollando y consolidando grandes proyectos hidroenergéticos muy importantes y de gran escala como son Chavimochic, Majes y Olmos; proyectos de irrigación ubicados en zonas costeras del país, los cuales vienen invirtiendo fuertes cantidades de dinero en lo que es la incorporación de tierras para la agricultura con extensiones de 63 000 ha, 57000 ha y 43 500 ha respectivamente. En su mayoría son suelos arenosos poco provistos de materia orgánica con escasas fuentes nutritivas de nitrógeno, no tienen la capacidad suficiente para la retención hídrica, pero son bien porosos con gran capacidad de retener aire. (Contreras,2015)

Al respecto las micorrizas se ven bien favorecidas en suelos húmedos, bien aireados y provistos de materia orgánica. Asimismo, la ausencia de estirpes de bacterias *Rhizobium* en el suelo para ciertos cultivos puede ser desfavorable para la fijación de nitrógeno. (Thompson,1988). De modo que los suelos arenosos costeros que se incorporan a la

agricultura en el Perú son pobres de materia orgánica, en micorrizas y en estirpes de bacterias *Rhizobium*.

Restaurar la calidad biológica de los suelos es una tarea desafiante, principalmente para aquellos países que se encuentran en procesos de desarrollo con escasos recursos para su conservación y sostenibilidad. (Bai et., 2018). Por ello se busca alternativas viables que sean respetuosas y amigables con el medio ambiente, sean posibles de mejorar o restaurar la calidad biológica del suelo y por ende la producción de cultivos. A demás pasen a ser remplazo de los agroquímicos por su utilidad en la agricultura. (Faye et al ,2018).

En este contexto, los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y las bacterias *Rhizobium* (BR), son una buena alternativa debido a que presentan muchos beneficios tanto para el suelo como para la planta por el suministro de nutrientes, es por ello que la presente investigación sobre el efecto de la inoculación de micorrizas y *Rhizobium* en la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira Chao-Virú, estaría contribuyendo al mejoramiento de la biodiversidad del suelo y su protección, especialmente en aquellos suelos arenosos donde refleja el agotamiento de la reserva de carbono orgánico (COS) y nutrientes como el nitrógeno (N), entre otros. (Gomez.,2015). Según investigaciones previas relacionadas con la investigación tenemos a:

Faye et al., (2018) en su investigación “*Effect of corn and peanut crop on Ivory Coast northern soil biological activities and their response to arbuscular mycorrhizal fungi inoculation*”, se propuso evaluar el efecto de estos cultivos en las actividades microbianas del suelo y evaluar su respuesta a la inoculación con dos hongos micorrizas (*G. aggregatum* y *G. etunicatum*). Para ello se recolectaron suelos rizosféricos y no rizosféricos en campos de maní y maíz, después de tres meses se midieron el crecimiento y nodulación rizosférica de las plantas, donde sus resultados mostraron una mejora significativa en la altura y peso seco del maíz con una sola inoculación, en cuanto al maní los inoculantes mixtos aumentaron significativamente el peso de la vaina y los parámetros de nodulación.

Hack et al., (2018) en su investigación “*Arbuscular mycorrhiza mediated effects on growth, mineral nutrition and biological nitrogen fixation of Melilotus Alba Med.in a subtropical grassland soil*”, se propuso evaluar el efecto de las micorrizas en el crecimiento de las plantas, nutrición mineral y fijación biológica de nitrógeno de *Melilotus alba* Med. Las respuestas de las plantas fueron evaluadas en términos de colonización micorrízica, producción de biomasa, nutrición mineral (P y N) y proporción de sustancias biológicas, sus

resultados mostraron efectos positivos en la acumulación de fósforo y nitrógeno (P y N) y la biomasa vinculada a la mejora de la fijación biológica de nitrógeno.

Soza y Gimenez, (2018) en su estudio “*Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (Coffea arabica L.) variedad caraturra en dos localidades del municipio de Jinotega periodo 2017 – 2018*”, se propuso estudiar dos dosis de micorrizas para el desarrollo de las plantas las cuales fueron 5 y 10 g. en dos tratamientos y una dosis de 15 gramos diluidos de fertilizante sintético (18-46-00), en un periodo de 100 días aproximadamente, los parámetros a evaluar fueron número de hojas, cruces, largo y ancho de las hojas, grosor del tallo, altura de la planta y longitud de raíz; según sus resultados concluye que la dosis de 10 g. de micorriza/planta tuvo efectos positivos mayores que la de 5g. en todos los parámetros evaluados.

Abd, (2018) en su investigación “*Mitigation of effect of salt stress on the nodulation nitrogen fixation and growth of chickpea (Cicer arietinum L.) by triple microbial inoculation*”, se propuso investigar la interacción sinérgica de diferentes microbios simbióticos y su efecto beneficioso sobre la nodulación, la eficiencia de los nódulos y el crecimiento de las plantas de garbanzo afectadas por la sal, además se estudió la influencia de la inoculación triple microbiana de las plantas de garbanzo cultivadas en el suelo, según sus resultados obtenidos mejoró significativamente la nodulación, el contenido de hemoglobina, actividad de la nitrogenasa y el crecimiento del garbanzo cultivado a un nivel de salinidad de 75 y 150 Mm en comparación con los controles.

Álvarez, (2017) en su investigación “*La calidad microbiológica del suelo y del compost del parque Itchimbia en su proceso de recuperación del suelo*”, se propuso estudiar la población microbiana como indicador de la calidad del suelo y del compost, además de servir como fuente para establecer estrategias directas e indirectas para determinar el potencial de degradación de un suelo contaminado. Según sus resultados mostraron una población total de bacterias de  $5,10 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, hongos  $14,17 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo y actinomicetos 73,4 UFC. g<sup>-1</sup>, de lo cual concluye que las bacterias tienen gran versatilidad bioquímica en el suelo por la descomposición de MO, lo cual hace que sean favorables para la eficiencia metabólica de las comunidades microbianas y en cuanto a los hongos se encontró la cantidad necesaria para que el compost sea considerado de calidad.

Kruguer et al., (2018) en su investigación *“Defining a reference system for biological indicators of agricultural soil quality in Wallonia, Belgium”*, se planteó como objetivo medir la variabilidad espacial y estacional de ocho indicadores biológicos, los cuales fueron el potencial respiratorio, la relación C/N de la biomasa microbiana, mineralización neta de nitrógeno, el potencial metabólico de las bacterias del suelo, la abundancia de lombrices de tierra, el cociente microbiano y el cociente metabólico. Esto se llevó a cabo en 60 sitios en diferentes regiones agrícolas durante el periodo de vegetación (abril, junio, agosto y octubre), el resultado de la temporada de muestreo tuvo efectos significativos en todos los indicadores biológicos.

Ottos, (2015) en su estudio *“Eficiencia de las micorrizas en el contenido de materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de la provincia de Leoncio Prado”*, se propuso evaluar la eficiencia de las micorrizas en el contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Blak, el contenido del nitrógeno total analizado con el método de Kjeldahl y la relación carbono/nitrógeno (C/N) en las diferentes unidades fisiográficas de los suelos de la provincia de Leoncio Prado. Los resultados establecen que el contenido promedio de materia orgánica es de 2.78%, el promedio de carbono orgánico fue de 2.48%, contenido promedio del nitrógeno total fue de 0.15% y la relación promedio carbono nitrógeno (C/N) fue de 10.73. De lo cual concluye que existe una relación entre la materia orgánica y el nitrógeno total de 0.923.

Cornejo P. et al., (2013) en su investigación *“Influencia de la composición de la cubierta vegetal sobre los hongos Micorrízicos – Arbusculares y la estabilización de un suelo degradado en un ecosistema mediterráneo”*, se propuso evaluar la influencia de la composición de la cubierta vegetal sobre las densidades de propágulos de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) y la estabilización del suelo durante 3 años, donde se observaron combinaciones de plantas que produjeron una mayor cobertura vegetal, una mayor densidad de propágulos fúngicos y mayores índices de estabilización de suelos que sugieren la utilización de combinaciones sinérgicas de plantas en procesos de estabilización de suelos degradados.

Tamayo V. y Bernal J., (2018) en su investigación *“Respuesta productiva del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la fertilización química y biológica en zonas productivas de Colombia”*, se planteó evaluar el efecto de la fertilización química y biológica sobre el rendimiento de frijoles volubles y arbustivos, donde sus resultados mostraron que la

combinación de micorrizas y *Rhizobium* mejoran el rendimiento de los frijoles arbustivos en (2839,5 t ha<sup>-1</sup>), que individualmente y con respecto a la fertilización química (1955,7 t ha<sup>-1</sup>) y en cuanto al rendimiento promedio nacional (1,2 t ha<sup>-1</sup>) en las localidades estudiadas. De manera indirecta al mejorar el rendimiento de cultivos mejora la calidad biológica del suelo. Blandón y García, (2017) en su investigación titulada “*Micorrizas y Rhizobium, opciones agroecológicas para la nutrición del frijol (Phaseolus vulgaris L.), Managua – Ticuantepe*”, se planteó evaluar la efectividad de la inoculación de micorrizas y *Rhizobium* con y sin fertilizante sintética sobre el desarrollo, rendimiento y colonización del frijol variedad Inta sequia precoz mediante el método de recubrimiento de semilla. Las variables a evaluar fueron altura de planta, diámetro del tallo, longitud de hoja, número de hojas, vainas por planta, granos por vaina, etc. Según sus resultados obtenidos la combinación de micorrizas con fertilizante tuvo mayor rendimiento de 1,108.7 kg ga<sup>-1</sup> a comparación de las micorrizas con *Rhizobium* con rendimiento de 1106.9 kg ha<sup>-1</sup>.

De acuerdo con las teorías relacionadas a la investigación: la micorriza se define como una relación benéfica o simbiótica entre un hongo y las raíces de su planta huésped. Esta relación consiste en que la planta le ofrece azúcares y carbono al hongo, mientras que el hongo le da agua y nutrientes a cambio. Este tipo de relación ha existido desde que las plantas comenzaron a crecer en la tierra hace unos 400 a 500 millones de años. (Hardeep,2016)

Según su importancia, las micorrizas pueden ser usadas como alternativas para mejorar la fertilidad de los suelos, contribuyendo significativamente con la absorción y reciclaje de nutrientes como el nitrógeno (N) y fósforo (P) por la descomposición de materia orgánica (Arévalo, 2018). A través del tiempo según estudios micológicos y ecológicos han probado que los hongos micorrízicos desempeñan un papel muy importante en los ciclos bioquímicos: como el ciclo de carbono, nitrógeno y fosforo, entre otros para casi todos los ecosistemas. La mutua dependencia de plantas y micorrizas en el suelo es de suma importancia para mejorar en cuanto a su calidad especialmente biológica para una agricultura sustentable, además ayudan a mitigar los efectos de erosión y a estabilizar el suelo. (Canchani,2018)

Una de sus funciones más interesantes de las micorrizas es de mejorar la biodisponibilidad de nutrientes en el suelo (Garzon,2016). Las micorrizas están directamente implicadas en la alimentación de la planta, en los sistemas donde el aporte de nutrientes es limitado, su papel



puede ser primordial a través de nódulos fijadores de nitrógeno no solo a la planta sino también al hongo que a su vez aporta fosforo a la simbiosis. (Ochoa R. y Ochoa V.,2019)

Por otro lado, las micorrizas son muy importantes en la biorremediación de suelos contaminados y degradados. Existe la grata sorpresa de que los hongos micorrízicos pueden promover no solo un mayor crecimiento de la planta en el suelo sino también aumentar la capacidad de fitorremediación y por ende mejoran las propiedades del suelo desde la parte biológica que la componen. (Coninx et al., 2016)

Las micorrizas se dividen en dos tipos: ectomicorrizas y endomicorrizas, las primeras se caracterizan por una superficie intercelular conocida como hartig net, la cual puede identificarse por la formación de una densa hifa que rodea la superficie de la raíz. Las ectomicorrizas viven solo en el exterior de la raíz, en general solo el 5-10% de las especies de plantas terrestres tienen ectomicorrizas. (Macarov,2018)

Por otro lado, las endomicorrizas se encuentran en más del 80% de las plantas existentes, incluidos los cultivos de vegetales como pastos, flores y árboles frutales. Estas se caracterizan por una penetración de las células corticales de los hongos y la formación de arbusculos y vesículas. En este tipo de micorrizas la relación es más invasiva en comparación con las ectomicorrizas. (Biologydictionary,2016)

Según los beneficios que presentan las micorrizas pueden mejorar la agregación del suelo, incrementar la tasa fotosintética, extender la activación microbiológica del suelo, incrementar la fijación de nitrógeno por bacterias simbióticas, asimismo aumento de la resistencia a plagas y al estrés ambiental. Además, estimulan la actividad de sustancias reguladoras de crecimiento y la tolerancia a la sequía (Carrasco,2017). El gran potencial de la aplicación de micorrizas arbusculares ha dado lugar a una próspera industria de productos relacionados con hongos micorrízicos para la agricultura, horticultura y paisajismo. (Chen et al.,2018)

Otro de los beneficios por su gran capacidad de estimular el crecimiento de plantas hospedadoras, un mayor tamaño y producción de semillas y por último una mejor calidad biológica del suelo por la incorporación de nutrientes como el carbono orgánico y nitrógeno total entre otros (Uniyal et al.,2019). Asimismo, las micorrizas aumentan la retención del agua en el suelo, regulan el suelo, ayudan a la estructuración y estabilización de los suelos, incrementan el almacenamiento de carbono en el suelo y el volumen de suelo explorado, etcétera. (Pérez y Avila,2018)

Una mayor tasa de fotosíntesis o una mayor área de la hoja verde en la planta huésped en respuesta a la colonización de hongos y un estímulo rápido en formación de nódulos radiculares por rizobios. (Goss y otros,2017)

Por otro lado, tenemos a las bacterias *Rhizobium*, las cuales se definen como un género de bacterias que poseen la habilidad de fijar el nitrógeno proveniente de la atmósfera, estas bacterias son únicas entre los microorganismos por su capacidad de inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno en las plantas leguminosas. (Gresshoff,2018)

Según su importancia estas bacterias *Rhizobium* desempeñan un papel muy importante en el suministro de nitrógeno suficiente para las leguminosas y los cultivos no lumínicos posteriores (Ondieki,2017). La fijación biológica de nitrógeno es un proceso clave en la biosfera y la calidad biológica de los suelos por el cual los microorganismos portadores de la enzima nitrogenasa convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno combinado. La relación simbiótica se da cuando la planta le ofrece una fuente de carbono (C) y un ambiente favorable a la bacteria para fijar nitrógeno, mientras que esta le da a cambio nutrientes nitrogenados. Se estima que este proceso contribuye en un 60-80% de la fijación biológica de nitrógeno para que las plantas puedan crecer sin fertilizantes nitrogenados y sin empobrecer o perjudicar la calidad de los suelos. (Martínez E. y Martínez J.,2002)

Los beneficios que presentan estas bacterias es que permiten crecer a las plantas sin fertilizantes nitrogenados y sin perjudicar la parte biológica de los suelos, indirectamente reducen los fertilizantes nitrogenados, asimismo gracias a su habilidad de fijar nitrógeno pueden ser usados como potenciadores en la agricultura para mejorar el rendimiento de los cultivos y por ende la calidad biológica de los suelos. Estos beneficios han sido comprobados experimentalmente por decenas de estudios con leguminosas. (Gelambi,2017)

Con respecto al suelo según la (FAO,2015) lo define como la capa superficial de la tierra el cual ha sido transformado muy despacio por acciones meteorológicas, vegetativas y del ser humano.

En relación al suelo los microorganismos que se encuentran en el desempeñan un papel de vital importancia en diferentes procesos del suelo, por ejemplo, en la mineralización las bacterias *Rhizobium* y los hongos micorrízicos incorporan alta eficiencia del ciclo de nutrientes, descomponen la materia orgánica del suelo (MOS), aumentan la capacidad de intercambio catiónico en las reservas de nitrógeno (N), fósforo (F) y azufre (Z), entre otros. Es decir, las incorporaciones de estos microorganismos en el suelo mejoran en cuanto a su

calidad biológica y sus demás componentes por medio de la relación simbiótica que existe con las plantas. (Gomez,2015)

En cuanto a la calidad biológica del suelo se dice que está en función de sus indicadores biológicos. Al conocer la propiedad biológica del suelo podemos suponer la calidad general del mismo en cuanto a su fertilidad, es muy importante conocer la parte biológica del suelo para que los cultivos se desarrollen correctamente (Arequipa,2017). Por consiguiente, los desarrollos globales actuales como las amenazas antropogénicas al suelo (por ejemplo, a través de la agricultura intensiva) y el cambio climático, representan una carga para el funcionamiento del suelo. Por lo tanto, es imprescindible disponer de indicadores biológicos sólidos que informen sobre la naturaleza de los cambios perjudiciales. (Schloter et al., 2017)

De acuerdo a los parámetros biológicos del suelo propuestos por (Bautista,2004) están: el nitrógeno total (NT), carbono orgánico total (COT), relación C/N, población de microorganismos como hongos y bacterias, este último también considerado como un parámetro de la calidad biológica del suelo desde el punto de vista de otros autores.

Por otro lado, se habla de la planta de frijol también conocido como *Phaseolus vulgaris L.*, una de las especies ampliamente cultivadas y consumidas en todo el mundo. Es una planta herbácea anual domesticada independientemente en la antigua Mesoamérica y los Andes. (Sanga y otros,2018)

El problema de la presente investigación se ha planteado de la siguiente manera ¿Cuál es el efecto de la inoculación de micorrizas y *Rhizobium* en la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao Virú?

Debido a los problemas que se presentan día a día, conocer la calidad biológica de los suelos es un tema fundamental, básico para saber a qué atenerse en cuanto a los diferentes cambios que se dan con el paso del tiempo, estos cambios si bien es cierto pueden ser de origen natural o antropogénico causan gran parte de la reducción de la calidad del suelo. Uno de los mayores responsables de la alteración de sus propiedades viene a ser los sistemas agroindustriales quienes de cualquier forma impactan negativamente en cuanto a su calidad biológica y en general volviéndolos infértiles y vulnerables a factores externos como la erosión, compactación, sequía y otros.

Por otro lado, en nuestro país el Perú se vienen desarrollando grandes proyectos hidro energéticos muy importantes como son Chavimochic, Majes y Olmos, dichos proyectos invierten fuertes cantidades de dinero en lo que es la incorporación de tierras para la

agricultura donde la mayoría de sus suelos son arenosos poco provistos de materia orgánica, presentan alta deficiencia de nutrientes nitrogenados, poca reserva de carbono orgánico y baja retención hídrica entre otros.

Siendo un claro ejemplo de dicho caso tenemos al sector Santa Elvira del centro poblado de Buena Vista del distrito de Chao- Virú, La Libertad, lugar donde prevalecen suelos arenosos con características similares a lo descrito. Estos suelos también están siendo incorporados a la agricultura, es decir están en procesos de formación. Tal es el caso por lo cual nace la investigación de buscar nuevas alternativas que no sea los productos sintéticos, sino más bien productos orgánicos que sean amigables y respetuosos con el ambiente en específico el suelo de tal manera que le permitan acelerar su proceso de formación y su buen funcionamiento.

En tal sentido la presente investigación parece ser una alternativa económica y ambientalmente viable para ayudar a la incorporación de suelos a la agricultura debido a que los hongos micorrízicos y las bacterias *Rhizobium* según su importancia y beneficios son muy recomendables para mejorar la calidad del suelo y por ende los cultivos que son adaptados en dichos suelos.

En esta investigación se pretendió demostrar si en verdad las micorrizas y *Rhizobium* tienen efecto positivo en el mejoramiento de la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira Chao- Virú, o por el contrario las micorrizas y *Rhizobium* no tienen efecto positivo en el mejoramiento de la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira Chao- Virú.

Para ello se debió cumplir con todos los objetivos trazados al inicio de la investigación. Como objetivo general se tuvo. Evaluar el efecto de la inoculación de micorrizas y *Rhizobium* en la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao- Virú.

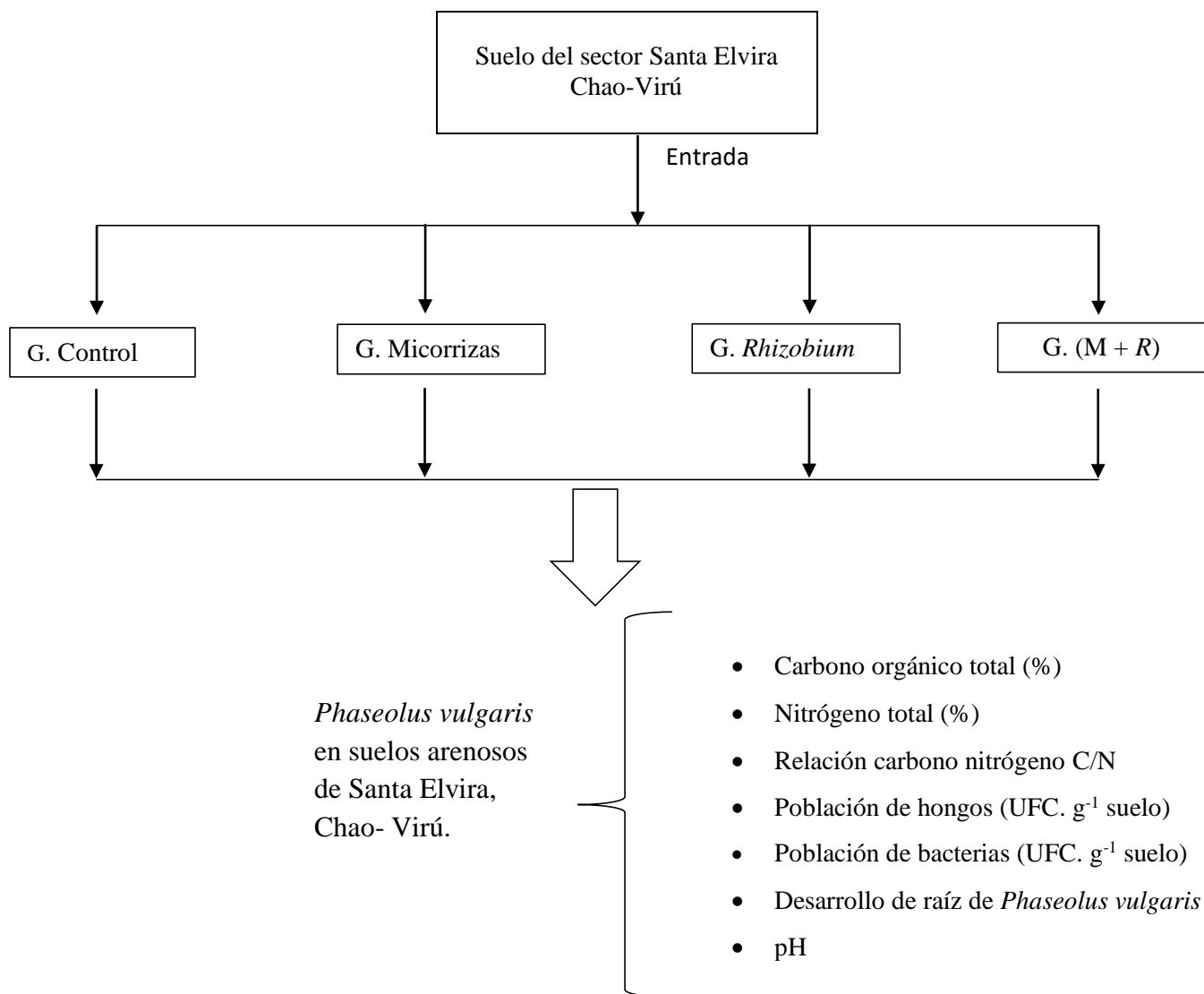
Y como objetivos específicos. Determinar los parámetros de calidad biológica del suelo: carbono orgánico total, nitrógeno total y la relación carbono nitrógeno (C/N), Evaluar la población de hongos y bacterias post tratamiento en la muestra de suelo inoculado con hongos micorrizas y bacterias *Rhizobium*, Evaluar el desarrollo de la raíz de *Phaseolus vulgaris* en función de la calidad biológica del suelo del sector Santa Elvira, y por último analizar el parámetro de pH en la muestra de suelo.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue experimental con diseño de grupo control y grupo que recibe el tratamiento a diferentes cantidades de inoculación de hongos micorrízicos y bacterias *Rhizobium* (Hernández, 2016). El diseño experimental se muestra en el siguiente diagrama.

Diseño de la investigación:



Dónde:

G. control: suelo del sector Santa Elvira

G. micorriza: micorrizas + suelo del sector Santa Elvira

G. *Rhizobium*: *Rhizobium* + suelo del sector Santa Elvira

G.(M+R): micorriza + *Rhizobium* + suelo del sector Santa Elvira

## 2.2. Operacionalización de variables

Variable independiente: *inoculación de micorrizas y Rhizobium*

Variable dependiente: *calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira Chao- Virú*

Tabla N°01: Operacionalización de variables

		Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente	Inoculación de micorrizas y <i>Rhizobium</i>	Introducción de microorganismos vivos, muertos o atenuados, los cuales buscan la conexión efectiva entre hongos y bacterias fijadoras de N <sub>2</sub> en la superficie del suelo. Estos infectan las raíces de las plantas y comienzan a fijar el nitrógeno del aire, volviéndolo aprovechable para la planta. A este proceso se le denomina fijación biológica de Nitrógeno. (Biotecnología, 2015)	Consiste en introducir suspensiones de 20 ml de <i>Rhizobium</i> y 980 ml de agua destilada estéril en muestra de suelo, 20g de micorrizas y 980 ml de agua destilada estéril, en muestra de suelo y la suma de ambos, es decir 1L de la suspensión de micorrizas y 1L de suspensión de <i>Rhizobium</i> , en el suelo.	Inoculación de micorrizas y <i>Rhizobium</i>	g. micorriza/kg suelo	Continua
					ml <i>Rhizobium</i> /kg suelo	
Variable dependiente	Calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao- Virú.	Equilibrio en nutrientes como carbono, nitrógeno y en la presencia de microorganismos en el suelo, tanto, hongos, bacterias, protozoarios, lombrices, escarabajos, hormigas, etc. Es decir, una forma simbiótica que interactúan con las plantas, capaz de producir ácidos húmicos, fúlvicos, antioxidantes, aminoácidos, vitaminas y otros ácidos orgánicos traduciendo en una mejor sustentabilidad agrícola. (Abecasis, 2017)	Consiste en analizar el suelo a través de parámetros biológicos propuestos por Larson y Pierce, 1991; Dora y Parkin, 1994; Seybold et al., 1997. Donde la elección de los parámetros adecuados para su evaluación de calidad dependen de los objetivos del investigador, considerando los componentes de la función del suelo, el productivo y el ambiental. (Bautista, 2004)	Carbono orgánico total	% C	Continua
				Nitrógeno total	% N	
				Relación carbono nitrógeno	C/N	
				Población de hongos y bacterias	UFC.g <sup>-1</sup> suelo	
				Desarrollo de raíz de <i>Phaseolus v.</i>	Cm de raíces/planta	
				pH	--	

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Población, muestra y muestreo

### Población

Los suelos arenosos de los campos agrícolas de aproximadamente 85 ha del sector Santa Elvira, lateral 6 Junta de usuarios de Buena Vista del distrito de Chao – Virú, La Libertad (ANA,2017)

### Muestra

Fue una muestra no probabilística por conveniencia, debido a que se extrajo de un área total de 3 ha y estuvo conformada por 57 kg de suelo obtenidos de 19 puntos de muestreo (calicatas 30x30 cm) de suelos arenosos agrícolas del sector Santa Elvira, Chao-Virú La Libertad, teniendo en consideración la guía para Muestreo de suelos del MINAM, 2014.



Figura N° 01: Puntos de muestreo sobre el área de estudio

Fuente: Google Earth

### ❖ Georreferenciación

Datos en UTM de los 19 puntos de muestreo del área de estudio, tomando en consideración la guía para muestreo de suelos del Minam,2014.

Tabla N°02: Puntos de muestreo del sector Santa Elvira. Chao-Virú

Puntos	Sur- Latitud	Oeste Longitud	Puntos (UTM)	Este	Norte
P <sub>1</sub>	-8.475533	-78.643447	P <sub>1</sub>	759445.873	9062342.91
P <sub>2</sub>	-8.475489	-78.64311	P <sub>2</sub>	759488.022	9062348.55
P <sub>3</sub>	-8.475471	-78.642815	P <sub>3</sub>	759519.531	9062355.34
P <sub>4</sub>	-8.475887	-78.642878	P <sub>4</sub>	759509.814	9062313.35
P <sub>5</sub>	-8.475864	-78.643159	P <sub>5</sub>	759469.382	9062306.59
P <sub>6</sub>	-8.475864	-78.642997	P <sub>6</sub>	759493.723	9062286.5
P <sub>7</sub>	-8.476363	-78.643075	P <sub>7</sub>	759480.299	9062250.82
P <sub>8</sub>	-8.476314	-78.642803	P <sub>8</sub>	759526.282	9062261.06
P <sub>9</sub>	-8.476535	-78.642918	P <sub>9</sub>	759554.516	9062241.62
P <sub>10</sub>	-8.476505	-78.642478	P <sub>10</sub>	759509.892	9062223.81
P <sub>11</sub>	-8.476696	-78.642827	P <sub>11</sub>	759468.339	9062220.11
P <sub>12</sub>	-8.476936	-78.642659	P <sub>12</sub>	759491.525	9062200.09
P <sub>13</sub>	-8.476794	-78.642523	P <sub>13</sub>	759538.318	9062207.26
P <sub>14</sub>	-8.476911	-78.642938	P <sub>14</sub>	759523.741	9062181.65
P <sub>15</sub>	-8.477173	-78.642855	P <sub>15</sub>	759550.002	9062174.2
P <sub>16</sub>	-8.477632	-78.642936	P <sub>16</sub>	759506.987	9062143.07
P <sub>17</sub>	-8.477437	-78.642632	P <sub>17</sub>	759496.258	9062102.83
P <sub>18</sub>	-8.477177	-78.642318	P <sub>18</sub>	759539.369	9062132.69
P <sub>19</sub>	-8.477052	-78.642497	P <sub>19</sub>	759574.133	9062161.25

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación de campo - experimental

Instrumento: Hoja o ficha de registro de datos

### 2.4.2. Validez y confiabilidad

Para llevar a cabo la toma de muestras nos basamos en la guía para muestreo de suelos del MINAM 2014. Por otro lado, el desarrollo de los análisis de la muestra de suelo se hizo en un laboratorio externo con sus respectivos quipos y materiales en buenas condiciones para el proceso y evaluación de los resultados.

## 2.5. Procedimiento

De acuerdo a la guía para muestreo de suelos del MINAM 2014, se determinó 19 puntos de muestreo de suelos arenosos del sector Santa Elvira, Chao-Virú. En cuanto a la recolección de muestra de suelo, se realizó calicatas de 30x30 cm, previamente teniendo en cuenta ciertos detalles los cuales no perjudiquen la toma de muestra y el desarrollo de los análisis, seguidamente se tomó 3 kg de suelo como sub muestra de cada punto de muestreo, es decir se colectó 57 kg de suelo de los 19 puntos de muestreo.



Luego la muestra de suelo se trasladó a un lugar con suficiente espacio en el cual se llevó a cabo el resto del procedimiento, donde el suelo fue tamizado y homogenizado para su repartición equitativa en maceteros de aproximadamente 15 litros de volumen. La cantidad de suelo para cada macetero fue de aproximadamente 12 kg con tres repeticiones luego el suelo se ha regado por 3 – 5 días, antes de ser tratado con las micorrizas y *Rhizobium*.

En cuanto a las semillas de *Phaseolus vulgaris*, se lavaron y desinfectaron con alcohol, luego fueron colocadas en camas de algodón humedecidas con agua destilada en un lapso de 3 – 5 días para el proceso de germinación verificando frecuentemente que no haya exceso de humedad. Para los tratamientos experimentales se realizó lo siguiente:

Para la preparación del inóculo de micorrizas se hizo una suspensión de 20 g. en 980 ml de agua destilada estéril y se regó uniformemente sobre la superficie del macetero que contenía la muestra de suelo agrícola, luego de 3-5 horas se sembraron las semillas de *Phaseolus vulgaris*.

Para el inóculo de *Rhizobium* se obtuvo del laboratorio de microbiología ambiental departamento académico de Microbiología y Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Se colocó 20 ml de una suspensión bacteriana de  $1 \times 10^{12}$  UFC *Rhizobium* /980ml de agua destilada estéril, luego se regó uniformemente sobre la superficie del macetero que contenía la muestra de suelo agrícola, después de 3-5 horas se sembraron las semillas de *Phaseolus vulgaris*.

Para el tercer tratamiento se realizó el primer tratamiento más el segundo, es decir una mezcla de la suspensión de micorrizas + *Rhizobium* y se regó uniformemente sobre la superficie del suelo agrícola para después de un tiempo de 3- 5 horas proceder a la siembra de *Phaseolus vulgaris*.

Para la evaluación de los parámetros de calidad biológica del suelo del grupo control, se realizó lo siguiente: Se tomó aproximadamente 500g. de suelo antes de ser tratado con las micorrizas y *Rhizobium* y se llevó a un laboratorio externo para evaluar los siguientes parámetros:

Nitrógeno total %

Carbono orgánico total %

Relación carbono nitrógeno (C/N)

Población de hongos y bacterias (UFC.g<sup>-1</sup> suelo)

pH

Para la evaluación de los parámetros de calidad biológica del suelo post tratamiento, se realizó lo siguiente.

Se tomó aproximadamente 500g. de suelo de cada repetición de los maceteros designados, incluido el grupo control, después de un periodo de tiempo de 45 días de haber iniciado la siembra de *Phaseolus v.* en la muestra de suelo. Luego se llevó a un laboratorio externo para evaluar los siguientes parámetros:

Nitrógeno total %

Carbono orgánico total %

Relación carbono nitrógeno (C/N)

Población de hongos y bacterias (UFC.g<sup>-1</sup> suelo)

Desarrollo de raíz de *Phaseolus vulgaris* (cm)

pH

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

El procesamiento de los resultados y análisis de datos se realizaron mediante el programa estadístico IBM SPSS Statistics modelo 21, con un nivel de confianza de 95% y Excel 2016.

## **2.7. Aspectos éticos**

Esta investigación se llevó a cabo teniendo en cuenta los valores éticos y morales por parte de los investigadores, de igual manera se pretendió dar a conocer la información real sin tener que alterar la información de los resultados obtenidos, siempre manteniendo la veracidad de los mismos y de tal manera servir como ejemplo para las futuras investigaciones.

## **Originalidad de la información**

El presente trabajo de investigación es único y veraz, se garantiza la información recopilada en su totalidad de las fuentes bibliográficas, citando a los respectivos autores conforme a la norma ISO 690, se acataron las recomendaciones del docente asignado como asesor de la metodología, así como también las correcciones por parte del software Turnitin, se tuvo que mejorar para ver que dicha información sea propia de los investigadores.

### III. RESULTADOS

- **Parámetros de calidad biológica del suelo en los diferentes grupos experimentales.**

En la figura N° 02 se muestran los parámetros de carbono orgánico total (%), nitrógeno total (%) y relación carbono nitrógeno C/N respectivamente, en la cual se observa que el mayor valor alcanzado de carbono orgánico total fue usando micorrizas + *Rhizobium* con un incremento de 2% con respecto al grupo control y un aumento de 0.12% de nitrógeno total respecto al grupo control. De igual manera usando el mismo tratamiento se obtuvo un incremento de 3.84 en relación carbono nitrógeno C/N, respecto al grupo control. Los resultados experimentales se encuentran en anexos, tabla N° 15.

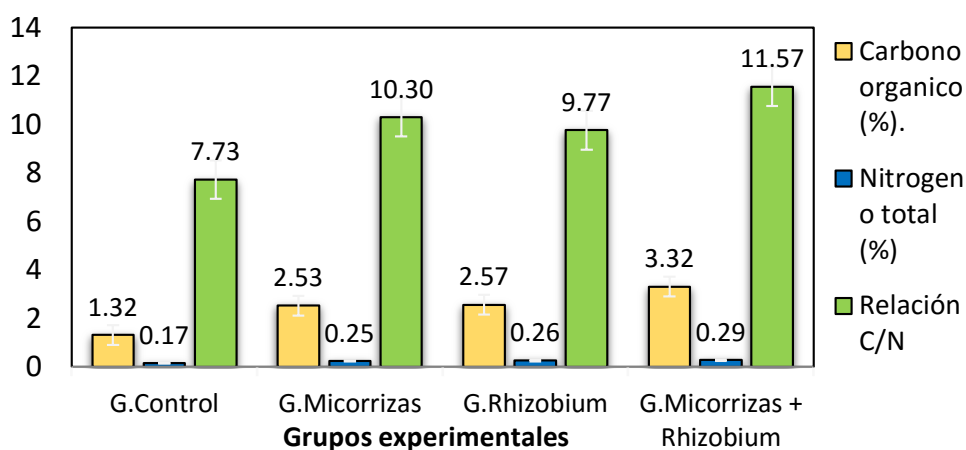


Figura N°02: Carbono, nitrógeno y relación C/N en los grupos experimentales

Fuente: Elaboración propia.

En la figura N° 03, se observa que en el grupo de micorrizas+ *Rhizobium* dio como resultado la mayor población de hongos y bacterias con respecto al grupo control con un incremento de  $28.05 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo y  $2.15 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo respectivamente. Los resultados experimentales se encuentran en anexos, tabla N° 15.

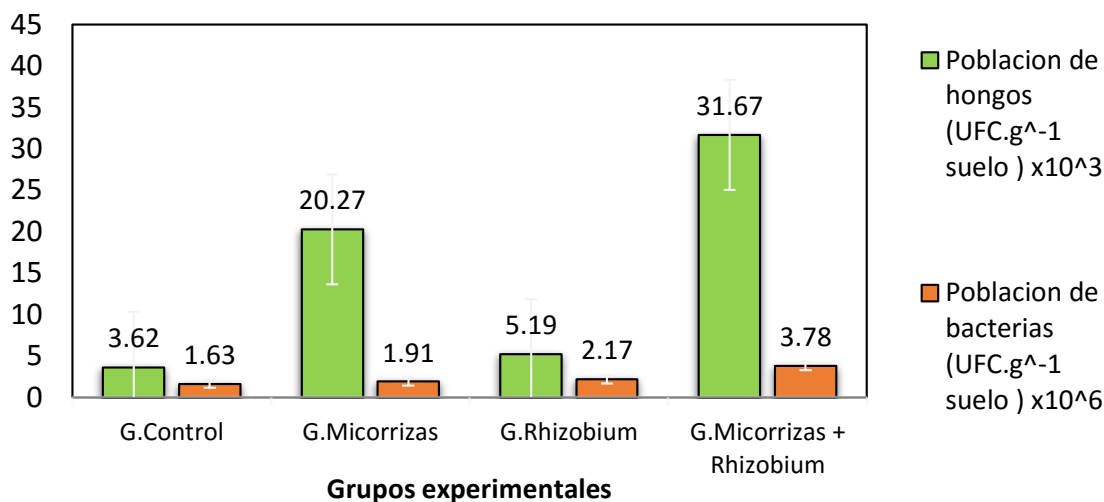


Figura N° 03: Población de hongos y bacterias en los grupos experimentales  
Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 04, el grupo de micorrizas+ *Rhizobium* monstro un mayor desarrollo de raíz de *Phaseolus vulgaris* con un incremento de 5.32 cm respecto al grupo control. En cuanto al parámetro de pH, en este mismo tratamiento se observa que tiende a bajar a diferencia de los demás tratamientos experimentales, aunque todos se encuentran en el rango de 7.4 -7.8 y que según su denominación vendrían a ser ligeramente alcalinos. Los resultados experimentales se encuentran en anexos tabla N° 15.

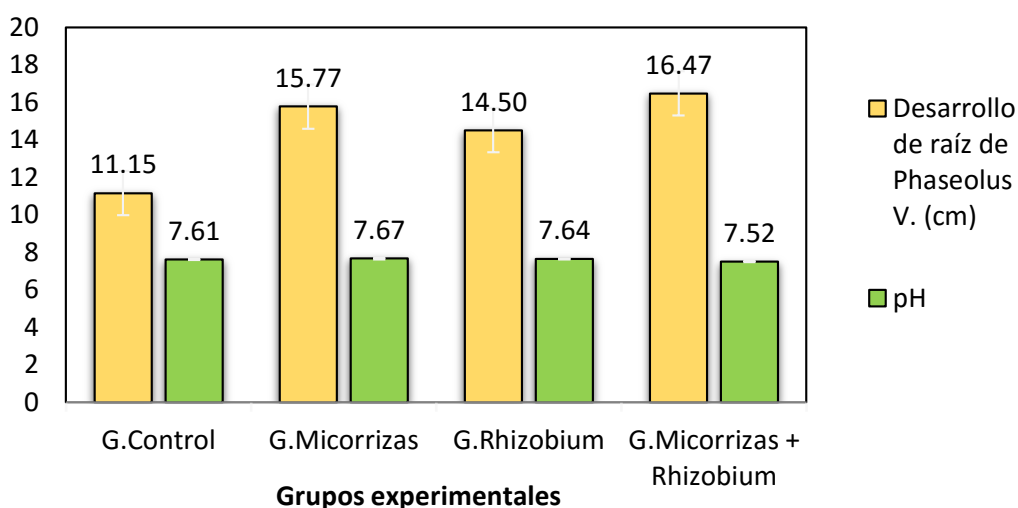


Figura N° 04: raíz de Phaseolus v. y pH en los grupos experimentales  
Fuente: Elaboración propia.

- Pruebas de normalidad y homogeneidad para los parámetros evaluados

En la tabla N° 03, se presenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk el cual nos indica que los datos siguen una distribución normal ( $P > 0.05$ ), además existe homogeneidad de varianzas ( $P > 0.05$ ) según la prueba estadística de Levene, todos los parámetros evaluados cumplen con estos dos supuestos estadísticos de normalidad y homogeneidad, por la cual se puede trabajar con pruebas paramétricas.

Tabla N°03: Prueba de Shapiro-Wilk y Levene para los parámetros de calidad del suelo

Parámetros de calidad del suelo	Prueba de normalidad		Prueba de homogeneidad	
	Shapiro-Wilk		Levene	
	Estadístico	P	Estadístico	P
Carbono orgánico total (%).	,894	,131	4,212	,256
Nitrógeno total (%)	,909	,205	,708	,574
Relación C/N	,956	,729	,574	,648
Población de hongos (UFC.g <sup>-1</sup> suelo )	,817	,375	3,670	,468
Población de bacterias (UFC.g <sup>-1</sup> suelo )	,789	,287	,768	,543
Desarrollo de raíz de Phaseolus V. (cm)	,799	,119	,150	,927
pH	,957	,736	,766	,545

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de varianza**

En la tabla N° 04 ANOVA se muestra que el P valor o Sig. es menor a 0.05 por lo cual se dice que, si existe diferencia significativa estadísticamente en todos los parámetros evaluados de los grupos experimentales, además se rechaza la hipótesis nula de que los promedios entre tratamientos son iguales, y se acepta la hipótesis alternativa diciendo que al menos existe un promedio que es diferente a los demás.

Tabla N° 04 Análisis de varianza ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Carbono orgánico %	6.143	3	2.048	84.678	.000
Nitrógeno total %	.023	3	.008	17.012	.001
Relación C/N	22.909	3	7.636	36.364	.000
Población de hongos	1593.585	3	531.195	679.538	.000
Población de bacterias	8.390	3	2.797	123.883	.000
Desarrollo de raíz de <i>Phaseolus v.</i>	50.060	3	16.687	6397.447	.000
pH	.039	3	.013	4.336	.043

Fuente: Elaboración propia

- **Prueba de diferencia honestamente significativa (HSD Tukey <sup>a, b</sup>)**

En la presente tabla N° 05, para el parámetro de carbono orgánico total, se observa que las diferencias significativas de medias entre los grupos experimentales de micorrizas y *Rhizobium* son iguales estadísticamente en el subconjunto 2. En cuanto al nitrógeno total las diferencias significativas de medias son iguales en el subconjunto 2 casi en todos los grupos experimentales excepto el grupo control y en la relación carbono nitrógeno se dice que las diferencias de medias entre los grupos experimentales de micorrizas y *Rhizobium* son iguales estadísticamente en el subconjunto 2.

Tabla N°05: Diferencia de medias entre los grupos experimentales

Prueba	Grupos experimentales	Carbono orgánico total (%)			Nitrógeno total (%)		Relación C/N		
		Subconjunto			Subconjunto		Subconjunto		
		1	2	3	1	2	1	2	3
HSD Tukey <sup>a, b</sup>	G. control	1,3200			,1700		7,733		
	G. micorrizas		2,5300			,2467		10,300	
	G. <i>Rhizobium</i>		2,5700			,2633		9,767	
	Grupo M+R			3,3167		,2867			11,567
	Sig.	1,000	,988	1,000	1,000	,175	1,000	,519	1,000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 06, para la población de hongos se observa que las diferencias de medias son iguales estadísticamente entre los grupos control y *Rhizobium* en el sub conjunto 1., pero las diferencias de medias no son iguales en los demás grupos experimentales. De igual modo en la población de bacterias las diferencias son iguales estadísticamente en los grupos control – micorrizas y micorrizas – *Rhizobium* en los subconjuntos 1 y 2 respectivamente.

Tabla N°06: Diferencia de medias entre los grupos experimentales

Prueba	Grupos experimentales	Población de hongos (UFC.g <sup>-1</sup> suelo x 10 <sup>3</sup> )			Población de bacterias (UFC.g <sup>-1</sup> suelo x 10 <sup>6</sup> )		
		Subconjunto			Subconjunto		
		1	2	3	1	2	3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	G. Control	3,6167			1,6267		
	G. micorrizas		20,2667		1,9067	1,9067	
	G. <i>Rhizobium</i>	5,1900				2,1667	
	Grupo M+R			31,6667			3,7800
	Sig.	,208	1,000	1,000	,181	,226	1,000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 07, para el desarrollo de raíz de *Phaseolus v.*, se dice que las diferencias de medias en todos los grupos experimentales no son iguales estadísticamente. En cambio, en el parámetro de pH las diferencias son iguales estadísticamente entre los grupos control, *Rhizobium* y micorrizas+ *Rhizobium* en el subconjunto 1, pero en el subconjunto 2 son iguales estadísticamente en casi todos los grupos experimentales excepto el grupo combinado de micorrizas+ *Rhizobium*.

Tabla N° 07: Diferencia de medias entre los grupos experimentales

Prueba	Grupos experimentales	Desarrollo de raíz de <i>Phaseolus v.</i> (cm)				pH	
		Subconjunto				Subconjunto	
		1	2	3	4	1	2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	G. Control	11,1533				7,6133	7,6133
	G. micorrizas			15,7733			7,6667
	G. <i>Rhizobium</i>		14,5033			7,6433	7,6433
	Grupo M+R				16,4667	7,5167	
	Sig.	1,000	1,000	1,000	1,000	,085	,649

Fuente: Elaboración propia

#### IV. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa de que las micorrizas y *Rhizobium* tienen efecto positivo en el mejoramiento de la calidad biológica del suelo agrícola del sector Santa Elvira, Chao-Virú.

Empezando por la figura N° 02, para el parámetro de carbono orgánico total (%), se puede decir que los tratamientos más eficientes durante el periodo de tiempo aproximadamente 45 días después de siembra de *Phaseolus vulgaris* en muestra de suelo, han llegado a alcanzar en primer lugar las micorrizas + *Rhizobium* con un incremento de 2%, respecto al grupo control, luego le sigue el tratamiento de *Rhizobium* con un aumento de 1.25 % y por debajo el tratamiento de las micorrizas con un incremento de 1.21%, respecto al grupo control. Si bien es cierto los resultados obtenidos de carbono orgánico total en todos los tratamientos experimentales casi concuerdan con los resultados de la investigación de (Ottos,2015) que fue de 2.48% de carbono orgánico total en promedio, cabe decir que en dicha investigación se evaluó solo el tratamiento de las micorrizas.

Desde este punto de vista la combinación de micorrizas + *Rhizobium* son más efectivas que individualmente para evaluar este parámetro biológico del suelo, esto se debe a que estos microorganismos necesitan de la fuente de carbono para mantenerse y reproducirse incrementándose la cantidad de carbono en el suelo. Un punto muy importante a tener en cuenta para evaluar este parámetro es que a mayor profundidad del suelo este disminuye, se dice que entre los 10 primeros cm del suelo se encuentra el mayor contenido de carbono orgánico. (Ottos,2015)

Por otro lado, el parámetro de nitrógeno total se pudo apreciar que en el tratamiento de las micorrizas + *Rhizobium* hubo mayor incremento de 0.12 % respecto al grupo control, luego el tratamiento de *Rhizobium* con un incremento de 0.09%, seguidamente las micorrizas con un valor de 0.08%. Esto es explicable según referencias como (Canchani,2018), tanto los hongos micorrizas como las bacterias *Rhizobium* su función es brindar la fuente de nitrógeno a las plantas leguminosas como al suelo. El tratamiento de *Rhizobium* tuvo mayor efectividad que el tratamiento de las micorrizas, debido a que estas bacterias tienen una gran facilidad de capturar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en nitrógeno asimilable para las plantas y almacenarlo en el suelo, es por ello que según su aplicación tienen una buena cabida en el ámbito de la agricultura.



Los resultados de nitrógeno total fueron más eficientes que los de (Otto,2015) el cual fue de 0.15% de nitrógeno total. El rango desde el cual varía ampliamente el parámetro de nitrógeno es de 0.02 a 0.4 %, los valores más bajos se dan en los suelos desérticos y semidesérticos; en casos extremos como en los suelos muy ricos en materia orgánica, puede llegar hasta el 2 %. Por lo tanto, si analizamos el rango de este parámetro, diríamos que los tres tratamientos experimentales están dentro del rango que puede ser considerado como bueno para la fertilidad de los suelos del sector Santa Elvira, además con estos valores de nitrógeno, los microorganismos mantendrían un ambiente favorable en el suelo conservando así la microflora y microfauna de dicho suelo.

Con respecto a la relación carbono nitrógeno, este parámetro controla la actividad de los microorganismos y la facilidad con que se puede descomponer la materia orgánica, se dice que una relación alta de C/N, indica un material relativamente bajo en contenido de nitrógeno. (Ottos, 2015).

Si se da una relación  $C/N < 5$  indica el contenido de materia orgánica bajo, escasa fertilidad y destrucción de la micro flora y micro fauna. Una relación C/N entre 5 y 8 Indica una tendencia hacia la mineralización de la materia orgánica, la fertilidad es de baja a moderada y Puede aumentar la tasa orgánica del suelo mediante aportaciones grandes y continuas de materia orgánica, pero si la relación C/N esta entre 8 y 12 indica un equilibrio entre la mineralización y humificación con fertilidad elevada, además incrementa la presencia de microorganismos en el suelo en general, para conservar esta tasa es recomendable realizar aportes periódicos de materia orgánica. (Ottos, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, se dice que todos los tratamientos experimentales en relación C/N se ubican en el rango de 8 a 12, sin embargo, el que mayor relación presento fue el tratamiento de micorrizas + *Rhizobium* con un valor de 11.57, luego el tratamiento de micorrizas con un valor de 10.30. Con estos valores de relación carbono nitrógeno C/N el suelo del sector Santa Elvira estaría en equilibrio, aumentaría su fertilidad asimismo presentaría un ambiente favorable para la presencia de los microorganismos en general.

De acuerdo a la población de hongos, la figura N° 03 presenta los resultados en los diferentes tratamientos experimentales, donde se observa que hubo una mayor población de dichos microorganismos en el tratamiento de micorrizas + *Rhizobium*, con un incremento de  $28.05 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, respecto al grupo control, en segundo lugar le

sigue el tratamiento de las micorrizas con un incremento de  $16.65 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, y por último el tratamiento de *Rhizobium* con un valor de  $1.57 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo. Esto es lógico que la mayor presencia de hongos se de en los tratamientos de micorriza+ *Rhizobium* y micorriza que en el tratamiento de *Rhizobium* solo, ya que en el transcurso de este periodo de tiempo que fue de 45 días aproximadamente después de la siembra de *Phaseolus v.* los microorganismos se reprodujeron en gran medida en ambos tratamientos a diferencia de los demás tratamientos que presentaron bajos contenidos de C/N en los parámetros anteriores.

Por lo tanto, los resultados de los tratamientos micorriza+ *Rhizobium* y micorriza solo se puede decir que son más efectivos que sus resultados de (Álvarez,2017) en su investigación que trataba del proceso de recuperación de un suelo degradado a comparación de nuestro suelo que es de tipo arenoso y que está siendo incorporado a la agricultura. La población de hongos del suelo degradado fue de  $14,17 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, de lo cual concluye que esta cantidad de hongos es representativa para que su suelo sea considerado de calidad. Desde esta perspectiva la población de hongos en casi todos los tratamientos son efectivos para que los suelos del sector Santa Elvira sean más fértiles y por ende más productivos.

De la población de bacterias, se pudo determinar que en el tratamiento combinado hubo mayor presencia de dichos microorganismos con un incremento de  $2.15 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, respecto al grupo control, luego está el tratamiento de *Rhizobium* con un incremento de  $0.54 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, y en tercer lugar el tratamiento de micorrizas. Respecto a la población de bacterias, si comparamos con la población total que obtuvo (Álvarez,2017) en su investigación, vemos que sucede lo contrario al parámetro de hongos. En su estudio obtuvo una cantidad de bacterias de  $5,10 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo, cuyo resultado es mayor que el que se obtuvo en esta investigación en todos los tratamientos; pero cabe decir que dicho resultado se trataba de un análisis de compost al cual agrego diferentes restos orgánicos para la descomposición de la materia orgánica. Por lo tanto, los resultados obtenidos de este parámetro en casi todos los tratamientos son efectivos para que los suelos del sector Santa Elvira aceleren su proceso de formación y sean más productivos ya que son suelos secos arenosos con poca presencia de microorganismos.

En cuanto al desarrollo de la raíz de *Phaseolus v.*, también se observa que en el tratamiento combinado las raíces se desarrollaron en mayor medida con un incremento de 5.32 cm respecto al grupo control, luego está el tratamiento de micorrizas con un aumento de 4.62cm, y por debajo el tratamiento de *Rhizobium* con un aumento de 3.35 cm. En este parámetro no hubo mucha diferencia a simple vista entre los tratamientos, pero si a comparación del grupo control. Si bien es cierto el tiempo durante el cual estuvieron las plantas de *Phaseolus v.* en la muestra de suelos arenoso fue de 45 días aproximadamente, puede ser esto una de las razones por la cual no se desarrollaron en mayor medida las raíces de las plantas, es decir si hubiesen estado más tiempo en la muestra de suelo talvez se hubieran desarrollado con mayor longitud, incluso hubiesen presentado nódulos radiculares. Por otro lado, este parámetro se tomó en cuenta para comprobar el efecto que producen los tratamientos sobre la raíz de la planta, ya que mediante esta inician su función las micorrizas y *Rhizobium* en el intercambio de nutrientes.

Los valores de pH en la figura N° 08, se observa que varía muy poco en los diferentes tratamientos, casi se mantiene en el mismo rango de 7.6 con excepción del tratamiento combinado que presento un valor más bajo de 7.52, pero todos estos valores se encuentran en el rango de 7.4 -7.8 y que según su denominación vendría ser ligeramente alcalino. El rango en el cual crecen la mayoría de plantas oscila entre 5.5 y 7.0, sin embargo, hay plantas que se adaptan para crecer a valores de pH fuera de este rango. Por lo tanto, los valores que mostraron los diferentes tratamientos experimentales como el grupo control son aceptables para el desarrollo de la vida de ciertos cultivos, es decir los suelos agrícolas del sector Santa Elvira muestra un nivel de pH aceptable aún más con el tratamiento combinado, debido a que tanto los hongos como las bacterias se desarrollan en un pH óptimo de 6.0 a 8.5, aunque algunos microorganismos generalmente prefieren niveles de pH bajos o ácidos para su desarrollo.

## V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el tratamiento de micorrizas + *Rhizobium* fue más efectivo en los parámetros de calidad biológica del suelo, con valores de 2% de carbono orgánico total, 0.12% de nitrógeno total y 3.84 en relación carbono nitrógeno C/N, con respecto al grupo control.
2. El tratamiento combinado de micorrizas + *Rhizobium* dio como resultado una mayor población de hongos y bacterias en la muestra de suelo con un total de  $31.67 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo y  $3.78 \times 10^6$  UFC.g<sup>-1</sup> suelo respectivamente.
3. La raíz de *Phaseolus vulgaris* se desarrolló en mayor medida en el tratamiento de micorrizas + *Rhizobium* hasta un total de 16.47 cm de longitud con un incremento de 5.32 cm respecto al grupo control.
4. El parámetro de pH según su denominación se determinó que es ligeramente alcalino en todos los tratamientos experimentales incluso el grupo control, de lo cual se puede decir que el suelo del sector santa Elvira presenta un suelo aceptable para la supervivencia de los microorganismos como las bacterias, hongos entre otros. su pH optimo es de 6.0 a 8.5, aunque algunos microorganismos del suelo prefieren desarrollarse en niveles de pH ácidos.

## VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios con los tratamientos descritos en esta investigación para evaluar diferentes parámetros del suelo, ya que esta investigación solo se enfocó en la parte biológica del suelo como base para futuras investigaciones.

Para aquellos agricultores quienes emplean agroquímicos de manera excesiva, emplear este tipo de fuentes orgánicas para mejorar sus suelos por ende sus cultivos y así evitar los impactos negativos a la salud de las personas como al ambiente en general.

Es importante en un estudio de suelos degradados o suelos desérticos, incluso suelos contaminados por metales pesados, aplicar la inoculación combinada de micorrizas y *Rhizobium* a las plantas para ayudar al proceso de fitorremediación, debido a que los hongos micorrizas como las bacterias *Rhizobium* presentan múltiples beneficios.

Emplear diferentes inoculaciones de micorrizas como de *Rhizobium* en diferentes tipos de suelos para que la información siga manteniéndose actualizada y de tal manera brinde nuevas experiencias a los futuros investigadores e interesados en el tema.

## REFERENCIAS

ABECASIS, Carlos. Se viene un nuevo paradigma: el suelo debe ser visto como un ser vivo. [En línea] PRONUAR. 26 de junio de 2017 [Fecha de consulta: 04 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.pronuar.com/biblioteca-Suelo-vivo.html>

ALVAREZ Morales, Jenny C. La calidad microbiológica del suelo y del compost del Parque Itchimbía en su proceso de recuperación del suelo. [En línea] Tesis (Ing. en biotecnología). SANGOLQUI: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2017. Disponible en : <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/1002/T-ESPE-023922.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Autoridad Nacional del Agua. Resolución Administrativa N° 063 - 2017 –ANA – AAA H CH/ALA MVCH. Trujillo 21 de 2017. [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019]. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/11-ra-0063-2017-02.pdf>

Análisis de la implementación de hongos Micorrízicos nativos sobre el desarrollo y producción de híbridos de maíz duro. Tesis (Ing. Agropecuaria). Babahoyo: Universidad Técnica De Babahoyo, 2017.

ARBUSCULAR mycorrhiza mediated effects on growth, mineral nutrition and biological nitrogen fixation of *Melilotus Alba Med.* in a subtropical grassland soil, Por Claudina M. Hack, [et al], *ScienceDirect*: 1 -7 pp., 12-de octubre de 2018. ISSN: 0929-1393

AREQUIPA Santo, Alex A. Bioindicadores para la determinación de la calidad del suelo en la microcuenca de la quebrada JUN JUN. [En línea] Tesis (Ing. Agrónomo). Cevallos: Universidad Técnica De Ambato,2017. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26630/1/Tesis-181%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20536.pdf>

ARÉVALO Aranda, Yuri G. Evaluación y caracterización de hongos Micorrízicos Arbusculares en tres agroecosistemas y dos bosques en las provincias de Alto Amazonas y Lamas. Tesis (para optar el título de Biólogo) Lima: Universidad Agraria La Molina, Facultad de ciencias, 2018.159pp.

Beneficial Services of Arbuscular Mycorrhizal Fungi - From Ecology to Application. Por Min Chen [et al]. [En línea] septiembre de 2018, Vol. (9) Article 1270. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2019]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6132195/pdf/fpls-09-01270.pdf>

BERNAL Gómez Gustavo. La microbiología de suelos en el Ecuador: Situación actual de la investigación. [En la línea] 01 de junio de 2015. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2019]. Disponible en <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-La-Microbiologia-de-Suelos.pdf>

Biologydictionary. Mycorrhizae. [En línea]. 14 de noviembre de 2016 [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019]. <https://biologydictionary.net/mycorrhizae/>

BLANDÓN Duarte, María J. y GARCÍA Chavarría, Mario J., “Micorrizas y Rhizobium: Opciones agroecológicas para la nutrición del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Managua – Ticuantepe 2016”. Tesis (Ing. Agrónomo). Managua, Nicaragua: Universidad nacional Agraria, 2017.37pp.

CANCHANI Viruet, Armando, ESPAILLAT Pérez, Robert y ALFREDO López, Jonathan. El efecto y la aportación de la micorriza en el desarrollo de cultivos agrícolas. *ResearchGate*. Vol. 6 :33 – 42, 19 de diciembre de 2018. ISSN: 2518 – 4407

CONTRERAS C., Cecilia. Proyectos de irrigación en el Perú Costa. [en línea] Cusco ,12 junio de 2015. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2019]. Disponible en:[https://www.academia.edu/36836376/PROYECTOS\\_DE\\_IRRIGACION\\_EN\\_EL\\_PERU\\_COSTA](https://www.academia.edu/36836376/PROYECTOS_DE_IRRIGACION_EN_EL_PERU_COSTA)

DEFINING a reference system for biological indicators of agricultural soil quality in Wallonia, Belgium. Por Inken Krüger [et al]. *Ecological Indicators*, Vol 95, Part1: 568 – 578, agosto de 2018 [En línea] diciembre de 2018. ISSN: 1470 – 160

EFFECT of maize and peanut crops on Ivory Coast northern soil biological activities and their response to Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation, por Koffi, Gisèle Aoin. [et al] *Academic journals* Vol. 12(7):171-180 pp., 21-de febrero de 2018. ISSN: 1996-0808

EFFECTS of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* por Zhanguo Bai., [et al]. Eslovenia: Universidad Ljubljana, facultad de biotecnología. Vol 265: 1 – 7, octubre 2018 ISSN: 0167-8809

GARZÓN, Lina Paola. Importancia de las Micorrizas Arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia Colombiana. *Rev. Luna Azul* (42): 217 – 234, enero - junio de 2016. ISSN: 1909-2474

GELAMBI Mariana. Rhizobium: características, taxonomía, morfología, hábitat y beneficios. [En línea] Liferder, 08 septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en <https://www.liferder.com/author/mariana-gelambi/>

GOMEZ, Gustavo Bernal. La microbiológica de suelos en el Ecuador. [En línea].01 de junio de 2015. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2019]. Disponible en <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/1.-La-Microbiologia-de-Suelos.pdf>

GOSS Michael J., CARVALHO Mario, BRITO Isabel. Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture.En su: Management to Overcome Biotic and Abiotic Stresses. Portugal, 2017. Pp.200-254. ISBN: 9780128042441

GRESSHOFF, Peter M. Molecular Biology Symbiotic Nitrogen Fixation. [En línea]. 1.a ed. London, Boca Ratón: CRC Press., 2018 [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1201/9781351074742> ISBN: 9781351074742

HARDEEP Singh. Mycorrhizal Fungi. *ResearchGate*, :3pp, octubre de 2016. ISSN: 2518-4407.

HERNÁNDEZ Sampieri Roberto. Metodología de la investigación. [En línea] 6a ed. Mexico: McGraw-Hill, 2016. Pp.4-7 .ISBN: 9781456223960

II Iberoamerican Conference on Beneficial Plant - Microorganism - Environment Interactions (IBEMPA). por Cornejo P. [et al]. Editorial US. [En línea] 2-6 de septiembre de 2013,566 pp. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2019]. SIII-CP-07: Influencia de la composición de la cubierta vegetal sobre los hongos micorrízico- Arbusculares y la estabilización de un suelo degradado en un ecosistema mediterráneo. Disponible en:



[http://www.refertil.info/sites/default/files/Abstracts-book\\_II-Ibempa.pdf](http://www.refertil.info/sites/default/files/Abstracts-book_II-Ibempa.pdf).ISBN-10:

8461667948. ISBN-13: 9788461667949

Inoculación de semillas. [En línea]. Biotecnologialloza. 12 de abril de 2015 .[Fecha de consulta: 04 de junio de 2019] Disponible en:<https://sites.google.com/site/biotecnologialloza/home/te/inoculacion-de-semillas>

KARLEN, Douglas L. y RICE Charles W. Soil Degradation: Will Humankind Ever Learn. *Sustainability*, 7(9): 12490 -12501, 2015. ISSN: 2071 -1050

La calidad del suelo y sus indicadores. Por Bautista Cruz, Angélica. [et al] Ecosistemas [en línea] 2004 XIII, n° 2 mayo-agosto.[Fecha de consulta: 26 de mayo de 2019] .Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/540/54013210.pdf> ISSN: 1132-6344

La FAO. Los fertilizantes y su uso. [En línea] IFA: 5 de marzo de 2015. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

LAL, Rattan. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7(5): 5875 - 5895, 2015. ISSN: 2071 – 1050

MAKAROV, Mikhail I., The Role of Mycorrhiza in Transformation of Nitrogen Compounds in Soil and Nitrogen Nutrition of Plants. *Eurasian Soil Science*.n°39. [s.n.]: 220-233. 20 March 2019. ISSN 1064-2293.

MARTÍNEZ Romero Esperanza y MARTÍNEZ Romero Julio C. Microbios. [En línea] México: UNAM, 2002. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019] Disponible en <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/index.html> ISBN: 968-36-8879-9

Microbial indicators for soil quality por Michael Schloter [et al] *Springer*; vol, (54).[s.n.]: pp.1-10. [Fecha de consulta: 11-de mayo de 2019]. ISSN: 0018-1560

MITIGATION of effect of salt stress on the nodulation, nitrogen fixation and growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by triple microbial inoculation. *ScienceDirect* por Mohamed Hemida Abd-Alla [et al]. Egipto: New Valley University, 72511 El-Kharja, Vol 10:100148pp. 18 de marzo de 2019 ISSN: 2452 – 2198

Mitra D, Uniyal N, Panneerselvam P, Senapati A, Ganeshamurthy AN, Jain D, Kumar V., Role of mycorrhiza and its associated bacteria on plant growth promotion and nutrient management in sustainable agricultura. IJLSAS. [En línea] 2019, Vol. 1 Issue: 1, 1-10. [Fecha de consulta:04 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.ejmanager.com/mnstemps/30/30-1553077718-adt-1.pdf>

Morphological and Genetic Diversity of Rhizobia Nodulating Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) from Agricultural Soils of Lower Eastern Kenya. Por Damaris K. Ondieki [et al]. Karl Drlica [En línea] 31 de diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2017/8684921> ISSN: 1687-918X

OCHOA Marin, Rubén D. y OCHOA Marin, Víctor H. Aplicación de microorganismos y sus beneficios en suelos para la producción agrícola. Monografía (para optar el título profesional de Ing. agrónomo). Medellín: Universidad Nacional Abierta Y A Distancia-UNAD Escuela De Ciencias Agrícolas Pecuarias Y Del Medio Ambiente (ECAPMA), abril 2019.63pp.

OTTOS Días, Elvis. Eficiencia de las micorrizas en el contenido de materia orgánica y nitrógeno total de los suelos de la provincia de Leoncio Prado. Tesis (Ing. agrónomo). Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2015.138pp.

PÉREZ de Luque Alejandro y ÁVILA Gómez Carmen M., Biofertilizantes: Algo Más que Aportar Nutrientes. [En línea] Córdoba 9 de febrero de 2018 [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/-/action/90004fc0-93fe-11df-8d8b-f26108bf46ad/e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83/es/02f9e190-faff-11e0-929ff77205134944/alfrescoDocument?i3pn=contenidoAlf&i3pt=S&i3l=es&i3d=e5747030-1bb8-11df-b7e2-35c8dbbe5a83&contentId=c1c2f2b5-ed32-4e5d-9431-802c05b412c6>

Physical and Mechanical Properties of Selected Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) por Addi Atuswilye, Sanga Palilo. [et al]. *Hindawi*. vol, (2018). [s.n.]: pp.1-9 .13 de agost de 2018. ISSN: 1712-9532

SOZA Espinoza, Hamilthon J. y JIMÉNEZ Alvarado, Omar A., (2018) Validación de dos dosis de micorrizas en el desarrollo de las plantas en vivero de café (*Coffea arábica* L.),

variedad Caturra en dos localidades del municipio de Jinotega, periodo 2017 – 2018. .  
Monografía (para optar al título de Ing. Agrónomo) Matagalpa: Universidad Nacional  
Autónoma De Nicaragua, Managua, 2018.92pp.

TAMAYO Vélez, Álvaro y BERNAL Estrada, Jorge A. Common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) yield response to chemical and biological fertilization in different localities of Colombia. *Revista. Fac. Nac. Agron. Medellín*, Vol.71, n.º 03:8573, diciembre de 2018. ISSN: 0304 – 2847

THOMPSON, Louis M. Los suelos y su fertilidad. [en línea] 4.<sup>ta</sup> ed. Barcelona: Reverte, S.A., 1988. 649pp. ISBN: 8429110410

UDDIN, Md. Kamal. Agrochemicals and Environmental Risks. Environmental Policy and Law. *Environmental Policy and Law*, 48 (2):91-96, abril 2018 ISSN: 1878-5395.

URIBE Ildieth. Uso de indicadores microbiológicos de suelos: ventajas y limitantes. [En línea] Medellín, 1999 [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2019]. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_039.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_039.pdf)

## ANEXOS

### Anexo N° 01: Zona de estudio

El sector Santa Elvira del centro poblado de Buena Vista se encuentra ubicado dentro del distrito de Chao, provincia Virú y región la Libertad. En este sector predominan los cultivos como palto, maíz, maracuyá entre otros, en cuanto a su extensión es de aproximadamente 85 ha de suelo, dentro del cual se encuentra el área de estudio de 3 ha.



Figura N° 01: Sector Santa Elvira del centro poblado de Buena Vista  
Fuente: Google Earth

### Anexo 02: Determinación de los puntos de muestreo y toma de muestra

Tabla N° 08: Número mínimo de puntos de muestreo por el muestreo de identificación

Área de potencial interés (Ha)	Puntos de muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Fuente: MINAM 2014



Anexo 03: Muestreo en campo



Figura N° 05: medición del punto de muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 06: peso de la sub muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 07: toma de apuntes

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 08: Tamizado del suelo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 04: Germinación de semillas de *Phaseolus v.* y preparación del suelo



Figura N° 09: germinación de *Phaseolus vulgaris*

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 10: preparación del suelo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 05: Micorrizas y *Rhizobium*



Figura N° 11: inóculo de *Rhizobium* 1x10<sup>12</sup> UFC

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 12: micorrizas 50g

Fuente: Best Garden

Anexo N°06: muestras de suelo para análisis en laboratorio

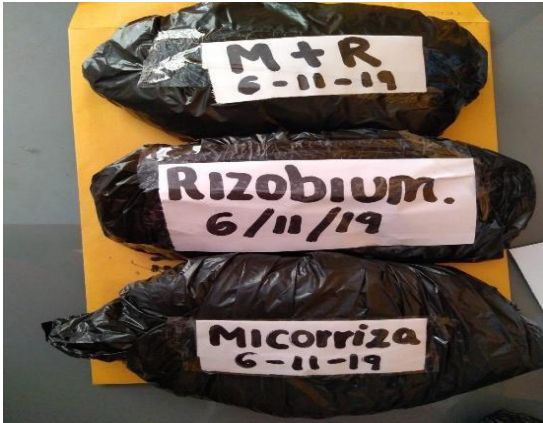


Figura N° 13: muestras para C, N y C/N  
Fuente: Elaboración propia

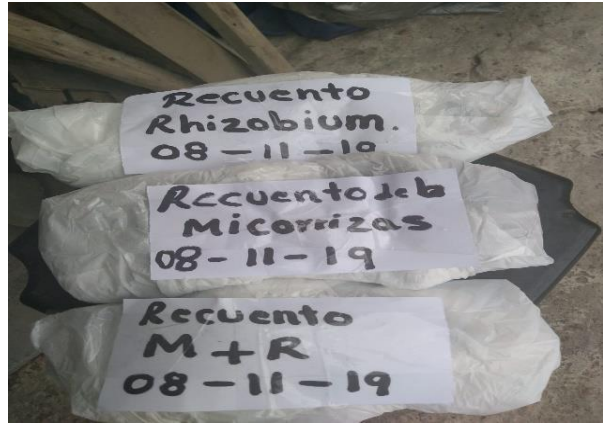


Figura N° 14: muestra para análisis en laboratorio  
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 07: Plantas de *Phaseolus v.* en muestra de suelo del sector Santa Elvira



Figura N°15: *Phaseolus v.* en los diferentes tratamientos a los 45 días de siembra  
Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 08: Desarrollo de raíz de *Phaseolus vulgaris*



Figura N°16: Medición de raíz de *Phaseolus vulgaris*  
Fuente: Elaboración propia



## Anexo N° 09: Medición de pH en laboratorio



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12: Valores normales de microorganismos observados en diferentes suelos.

Organismo	(UFCX 103)/g. de suelo
Bacterias	1,000 - 100,000
Actinomicetos	100 - 10,000
Hongos	1 - 100

Fuente: Uribe ,1999

## Anexo N° 10: Métodos empleados en los análisis de suelo

Tabla N° 13: Métodos analíticos para análisis de suelo

<b>Parámetro</b>	<b>Método empleado</b>
Carbono orgánico (%)	Walkley y Black
Nitrógeno total (%)	Kjendahl (Titulación con HCL 0.01N)
Relación carbono nitrógeno	(C/N)
Población de hongos	Diluciones UFC.g <sup>-1</sup> suelo
Población de bacterias	Diluciones a 25°C UFC.g <sup>-1</sup> suelo
pH	pH-metro

Fuente: Laboratorio de Agronomía UNT

Anexo N°11: Resultados experimentales de los parámetros de calidad biológica del suelo.

Tabla N° 14: Resultados experimentales con sus respectivas repeticiones

Grupos experimentales	Repeticiones	Carbono orgánico total (%).	Nitrógeno total (%)	Relación C/N	Población de hongos (UFC.g <sup>-1</sup> suelo) x10 <sup>3</sup>	Población de bacterias (UFC.g <sup>-1</sup> suelo) x10 <sup>6</sup>	Desarrollo de raíz de <i>Phaseolus V.</i> (cm)	pH
G. Control	R1	1,02	0,14	7,3	3,5	1,5	11,16	7,65
	R2	1,4	0,18	7,8	3,65	1,68	11,2	7,57
	R3	1,54	0,19	8,1	3,7	1,7	11,1	7,62
G. Micorrizas	R1	2,38	0,22	10,8	19,8	1,82	15,83	7,72
	R2	2,59	0,25	10,4	20	1,9	15,76	7,67
	R3	2,62	0,27	9,7	21	2	15,73	7,61
G. Rhizobium	R1	2,55	0,26	9,8	4,7	1,95	14,51	7,65
	R2	2,51	0,25	10	5	2,2	14,54	7,56
	R3	2,65	0,28	9,5	5,87	2,35	14,46	7,72
G. Micorrizas + Rhizobium	R1	3,36	0,29	11,6	30	3,6	16,46	7,55
	R2	3,32	0,3	11	33	3,94	16,41	7,49
	R3	3,27	0,27	12,1	32	3,8	16,53	7,51

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Promedios de los resultados experimentales

Parámetros de calidad biológica del suelo		Carbono orgánico (%).	Nitrógeno total (%)	Relación C/N	Población de hongos (UFC .g <sup>-1</sup> suelo ) x10 <sup>3</sup>	Población de bacterias (UFC .g <sup>-1</sup> suelo ) x10 <sup>6</sup>	Desarrollo de raíz de <i>Phaseolus V.</i> (cm)	pH
Grupos experimentales	G. Control	1.32	0.17	7.73	3.62	1.63	11.15	7.61
	G. micorrizas	2.53	0.25	10.30	20.27	1.91	15.77	7.67
	G. <i>Rhizobium</i>	2.57	0.26	9.77	5.19	2.17	14.50	7.64
	G. micorrizas + <i>Rhizobium</i>	3.32	0.29	11.57	31.67	3.78	16.47	7.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 16: Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
¿Cuál es el efecto de la inoculación de Micorrizas y <i>Rhizobium</i> en la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao Virú?	General	Alternativa H1:	Independiente	Inoculación de micorrizas y <i>Rhizobium</i>	g. micorriza/ Kg suelo g. ml <i>Rhizobium</i> /Kg suelo
	Evaluar el efecto de la inoculación de micorrizas y <i>Rhizobium</i> en la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao- Virú	Las micorrizas y <i>Rhizobium</i> tienen efecto positivo en el mejoramiento de la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao- Virú..	Inoculación de micorrizas y <i>Rhizobium</i>		
	Específicos	Nula H0:	Dependiente	Carbono orgánico total	C %
	Determinar los parámetros de calidad biológica del suelo: carbono orgánico total , nitrógeno total y la relación carbono nitrógeno (C/N).	Las micorrizas y <i>Rhizobium</i> no tienen efecto positivo en el mejoramiento de la calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira, Chao- Virú	Calidad biológica de suelos arenosos de Santa Elvira Chao- Virú	Nitrógeno total	N%
	Evaluar la población de hongos y bacterias post tratamiento en la muestra de suelo inoculado con hongos micorrizas y bacterias <i>Rhizobium</i> .			Relación carbono nitrógeno	C/N
	Evaluar el desarrollo de la raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i> en función de la calidad biológica del suelo del sector Santa Elvira.			Población de hongos y bacterias	UFC.g <sup>-1</sup> suelo
	Analizar el parámetro de pH en la muestra de suelo.			Desarrollo de la raíz de <i>Phaseolus vulgaris</i>	cm de raíz/planta
				pH	--

Fuente: Elaboración propia

**Validez de instrumento para evaluación de calidad biológica del suelo agrícola del sector Santa Elvira**

Investigadores

Fecha

**Evaluación de calidad biológica del suelo de Santa Elvira, Chao- Virú**

Grupos experimentales	Repeticiones	Carbono orgánico total (%)	Nitrógeno total (%)	Relación C/N	Población de hongos (UFC.g <sup>-1</sup> suelo) x10 <sup>7</sup>	Población de bacterias (UFC.g <sup>-1</sup> suelo) x10 <sup>8</sup>	Desarrollo de raíz de <i>Phaseolus V. (cm)</i>	pH
G. Control	R1							
	R2							
	R3							
G. Micorrizas	R1							
	R2							
	R3							
G. Rhizobium	R1							
	R2							
	R3							
G. Micorrizas + Rhizobium	R1							
	R2							
	R3							

Observación

Nombre y apellidos:  
Luis Alberto  
CARRANILLO CHERANOS

Grado académico:  
Biología Microbiología

Mención:

  
Firma

N° DNI: 45242601

Nombre y apellidos:  
Walter Antonio  
RIVERA VILLALBA

Grado académico:  
Ecología - Microbiología

Mención:

  
Firma

N° DNI: 70220265

Nombre y apellidos:  
FERNANDO ENRIQUE  
UGAZ OJAZO

Grado académico:  
ING. DOCTOR ING. AMB.

Mención:

  
Firma

N° DNI: 18098186

Reg. CIP 55715

Anexo N° 12: Informes de resultados en laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS AGUAS Y FOLIARES



INFORME DE ENSAYO

N° 1910003

Cliente : Dilmer Pastor  
 Dirección : Moche  
 Procedencia de muestra: La Libertad/Viru/Chao/Sector Sta Elvira  
 Matriz : Suelo

Fecha de Muestreo : 15/09/2019  
 Fecha de Ingreso : 07/10/2019  
 Fecha de Informe : 22/10/2019  
 N° de páginas : 1 de 1

c		pH	CE dS/m	C %	N %	P205 %	K2O %	CaO %	MgO %	Hd %	C/N
Lab	Campo										
1910003				1.02	0.14						7.3

  
 Ing. Julio Zavaleta Armas  
 Jefe de Laboratorio

Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria,  
 Trujillo - Perú

E-mail: laboratorio@untrujillo.edu.pe

Figura N°17: Primera repetición de carbono, nitrógeno y relación C/N de muestra testigo

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos aguas y follares UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS AGUAS Y FOLIARES



INFORME DE ENSAYO

Nº 1910023

Cliete : Dilmer Pastor  
Dirección : Moche  
Procedencia de muestra: La Libertad/Viru/Chao/Sector Sta Elvira  
Matriz : Suelo

Fecha de Muestreo : 05/11/2019  
Fecha de Ingreso : 05/11/2019  
Fecha de Informe : 18/11/2019  
Nº de páginas : 1 de 1

C		pH	CE	C	N	P205	K2O	CaO	MgO	HCl	C/N
Lab	Campo		dS/m	%	%	%	%	%	%	%	
1910023	Control			1.4	0.18						7.8
1910023	Control			1.54	0.19						8.1

Mg. Julio Zavaleta Armas  
Jefe de Laboratorio

Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria,  
Trujillo - Perú

E-mail: laboratoriosuelosunt@gmail.com

Figura N° 18: 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> repetición de carbono, nitrógeno y relación C/N (muestra testigo)  
Fuente: Laboratorio de análisis de suelos aguas y follares UNT



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS AGUAS Y FOLIARES



INFORME DE ENSAYO

N° 1910024

Cliente : Justa Terrones Araujo  
Dirección : Trujillo  
Procedencia de muestra: La Libertad/Viru/Chao/Sector Sta Elvira  
Matriz : Suelo

Fecha de Muestreo : 06/11/2019  
Fecha de Ingreso : 06/11/2019  
Fecha de Informe : 18/11/2019  
N° de páginas : 1 de 1

c		pH	CE dS/m	C %	N %	P2O5 %	K2O %	CaO %	MgO %	Hd %	C/N
Lab	Campo										
1910024.1	Micorrizas			2.38	0.22						10.8
1910024.2	Rizobium			2.55	0.26						9.8
1910024.3	M + R			3.36	0.29						11.6
1910024.4	Micorrizas			2.59	0.25						10.4
1910024.5	Rizobium			2.51	0.25						10
1910024.6	M + R			3.32	0.30						11
1910024.7	Micorrizas			2.62	0.27						9.7
1910024.8	Rizobium			2.65	0.28						9.5
1910024.9	M + R			3.27	0.27						12.1

  
Ing. Julio Zavaleta Armas  
Jefe de Laboratorio

Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria,  
Trujillo - Perú

E-mail: laboratoriosuelosunt@gmail.com

Figura N°19: 1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> repetición de carbono, nitrógeno y relación C/N  
Fuente: Laboratorio de análisis de suelos aguas y follares UNT



**INFORME DE ENSAYO SATISAC-19-00924-01**

SOLICITANTE (S) : Dilmer Pastor Calderón y Vanesa Terrones Araujo  
 DOMICILIO LEGAL : Escuela de Ing. Ambiental – UCV. Trujillo.  
 ÍTEM DE ENSAYO : Suelo agrícola  
 N° DE MUESTRAS : 01  
 Servicio solicitado : Ensayos microbiológicos.  
 Presentación/Cantidad : Producto en bolsas de primer uso / aprox. 500 g.  
 Muestreo realizado por : Los Solicitantes.  
 Fecha de ingreso de la muestra : 24 de Setiembre del 2019.  
 Fecha de inicio de ensayos : 24 de Setiembre del 2019.  
 Fecha de término de Ensayos : 29 de Setiembre del 2019.

**DATOS DE LA MUESTRA**

ID de Muestra	Suelo agrícola
Lote (L) / Fecha Vencimiento (F.V.)	-----
Envase adecuado	Bolsas de primer uso

**RESULTADOS DE LA MUESTRA**

DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO
Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g	1 500 000
Recuento de hongos	UFC/g	3 500

El valor <1, es indicativo de **Ausencia** en cada parámetro reportado.

Trujillo, 30 de Setiembre del 2019.




Ing. Carlos G. Caldas Nique  
Gerente General  
SATISAC E.I.R.L.

**Mz. C - Lote N°13. Urb. Covicorti – Trujillo – La Libertad**

Figura N°20: 1<sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (muestra testigo)  
Fuente: laboratorio Satisac




**INFORME DE ENSAYO SATISAC-19-11025**

SOLICITANTE(S) : Dilmer Pastor Calderon y Vanesa Terrones Araujo  
 DOMICILIO LEGAL : Escuela de Ing. Ambiental- UCV , Trujillo .  
 ÍTEM DE ENSAYO : Suelo agrícola  
 N° DE MUESTRAS : 02

Servicio solicitado : Ensayos microbiológicos .  
 Presentación /Cantidad : Producto en bolsas de primer uso 1 aprox . 500 g .  
 Muestreo realizado por : Los Solicitantes .  
 Fecha de ingreso de la muestra : 11 de Noviembre del 2019 .  
 Fecha de inicio de ensayos : 11 de Noviembre del 2019 .  
 Fecha de término de Ensayos : 16 de Noviembre del 2019 .

**DATOS DE LA MUESTRA**



ID de Muestra	Suelo Agrícola
Lote (L) / Fecha Vencimiento (F.V.)	*****
Envase adecuado	Bolsas de primer uso

**RESULTADOS DE LA MUESTRA**

REPETICION	DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO
2	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	1 680 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	3 650
3	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	1 700 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	3 700

El valor < 1, es indicativo de Ausencia en cada parámetro reportado.

Trujillo, 18 de Noviembre del 2019.

Ing. Carlos G. Caldas Rique  
 Gerente General  
 SATISAC E.I.R.L.



### INFORME DE ENSAYO SATISAC-19-11025

**SOLICITANTE(S)** : Dilmer Pastor Calderon y Vanesa Terrones Araujo  
**DOMICILIO LEGAL** : Escuela de Ing. Ambiental- UCV . Trujillo .  
**ÍTEM DE ENSAYO** : Suelo agrícola .  
**N° DE MUESTRAS** : 03  
  
**Servicio solicitado** : Ensayos microbiológicos .  
**Presentación /Cantidad** : Producto en bolsas de primer uso 7 aprox. 500 g.  
**Muestreo realizado por** : Los Solicitantes .  
**Fecha de ingreso de la muestra** : 11 de Noviembre del 2019 .  
**Fecha de inicio de ensayos** : 11 de Noviembre del 2019 .  
**Fecha de término de Ensayos** : 16 de Noviembre del2019 .

#### DATOS DE LA MUESTRA


ID de Muestra	Suelo agrícola con Micorrizas
Lote (L) / Fecha Vencimiento (F.V.)	-----
Envase adecuado	Bolsas de primer uso

#### RESULTADOS DE LA MUESTRA

REPETICION	DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO
1	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	1 820 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	19 800
2	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	1 900 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	20 000
3	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	2 000 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	21 000

El valor < 1, es indicativo de Ausencia en cada parámetro reportado .

Trujillo, 18 de Noviembre del2019.

Ing. Carlos G. Caldas Rique  
 Gerente General  
 SATISAC E.I.R.L.

Figura N°22: 1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (grupo micorrizas)  
 Fuente: laboratorio Satisac


**INFORME DE ENSAYO SATISAC-19-11025**

SOLICITANTE(S) : Dilmer Pastor Calderon y Vanesa Terrones Araujo  
 DOMICILIO LEGAL : Escuela de Ing. Ambiental- UCV . Trujillo .  
 ÍTEM DE ENSAYO : Suelo agrícola  
 N° DE MUESTRAS : 03

Servicio solicitado : Ensayos microbiológicos .  
 Presentación /Cantidad : Producto en bolsas de primer uso 1 aprox. 500 g.  
 Muestreo realizado por : Los Solicitantes .  
 Fecha de ingreso de la muestra : 11 de Noviembre del 2019 .  
 Fecha de inicio de ensayos : 11 de Noviembre del 2019 .  
 Fecha de término de Ensayos : 16 de Noviembre del 2019 .

**DATOS DE LA MUESTRA**

ID de Muestra	Suelo agrícola con Rhizobium
Lote (L) / Fecha Vencimiento (F.V.)	-----
Envase adecuado	Bolsas de primer uso

**RESULTADOS DE LA MUESTRA**

REPETICION	DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO
1	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	1 950 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	4 700
2	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	2 200 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	5 000
3	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	2 350 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	5 870

El valor < 1, es indicativo de Ausencia en cada parámetro reportado.

Trujillo, 18 de Noviembre del 2019.




Ing. Carlos G. Caldas Rique  
 Gerente General  
 SATISAC E.I.R.L.

Mz. C - Lote N°13, Urb. Covicortí - Trujillo - La Libertad

Figura N°23: 1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> repetición recuento de hongos y bacterias (grupo *Rhizobium*)  
 Fuente: laboratorio Satisac



### INFORME DE ENSAYO SATISAC-19-11025

**SOLICITANTE(S)** : Dilmer Pastor Calderon y Vanesa Terrones Araujo  
**DOMICILIO LEGAL** : Escuela de Ing. Ambiental- UCV - Trujillo.  
**ÍTEM DE ENSAYO** : Suelo agrícola  
**N° DE MUESTRAS** : 03  
  
**Servicio solicitado** : Ensayos microbiológicos.  
**Presentación /Cantidad** : Producto en bolsas de primer uso 7aprox. 500 g.  
**Muestreo realizado por** : Los Solicitantes.  
**Fecha de ingreso de la muestra** : 11 de Noviembre del 2019.  
**Fecha de inicio de ensayos** : 11 de Noviembre del 2019.  
**Fecha de término de Ensayos** : 16 de Noviembre del2019.

#### DATOS DE LA MUESTRA



ID de Muestra	Suelo agrícola con R+M
Lote (L) / Fecha Vencimiento (F.V.)	-----
Envase adecuado	Bolsas de primer uso

#### RESULTADOS DE LA MUESTRA

REPETICION	DETERMINACIONES	UNIDAD	RESULTADO
1	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	3 600 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	30 000
2	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	3 940 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	33 000
3	Recuento de Bacterias Totales a 25°C	UFC/g suelo	3 800 000
	Recuento de hongos	UFC/g suelo	32 000

El valor <1, es indicativo de Ausencia en cada parámetro reportado.

Trujillo, 18 de Noviembre del2019.

Ing. Carlos C. Caldas Rique  
 Gerente General  
 SATISAC E.I.R.L.

Figura N°24: 1<sup>era</sup>, 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> repetición de hongos y bacterias (grupo micorrizas+ *Rhizobium*)

Fuente: laboratorio Satisac

## Procedimiento para el Recuento de Microorganismos.

### Tratamiento de la muestra: Dilución inicial y diluciones seriadas.

- Se coge 10 g. de la muestra previamente homogenizada y se colocó en un frasco de vidrio que contenía 90 mL. de Agua Peptonada Estéril (APE), considerándose este frasco como nuestra primera dilución o la dilución  $10^{-1}$ .
- Se homogeniza el frasco conteniendo la muestra mediante movimientos suaves por un periodo de 1 minuto.
- Para preparar las diluciones consecutivas se tomaron 5 mL. del frasco que contiene la muestra de suelo (dilución  $10^{-1}$ ) y se agregó a otro frasco que contenía 45 mL. de APE. Este procedimiento se realizó varias veces consecutivas hasta obtener la dilución  $10^{-6}$ .

### a. Recuento de Bacterias Totales a 25°C:

- Se cogió 1 mL. de la dilución  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$  y se colocó en el interior de una placa Petri estéril respectivamente.
- Se agregó aprox. 18 mL. de agar nutritivo en el interior de la placa Petri y se homogenizo conjuntamente con la muestra mediante movimientos rotatorios en sentido horario y anti horario.
- Se esperó por un periodo de 30 a 45 minutos para que el agar solidifique y luego se colocaron las placas en incubadora a 30°C por 48 a 72 horas.
- A partir de las 48 horas se realizó el conteo de las colonias presentes en el interior de la placa Petri.

### b. Recuento de Hongos:

- Se cogió 1 mL. de la dilución  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  y se colocó en el interior de una placa Petri estéril respectivamente.
- Se agregó aprox. 18 mL. de agar Sabouroud en el interior de la placa Petri y se homogenizo conjuntamente con la muestra mediante movimientos rotatorios en sentido horario y anti horario.
- Se esperó por un periodo de 30 a 45 minutos para que el agar solidifique y luego se colocaron las placas en incubadora a 25°C por 3 a 7 días.
- A partir del tercer día se realizó el conteo de las colonias presentes en el interior de la placa Petri.

  
Luis A. Cabanillas Chirinos  
BIÓLOGO – MICROBIÓLOGO  
C.B.P. N° 3282

Figura N°25: Procedimiento para el recuento de hongos y bacterias en la muestra de suelo  
Fuente: laboratorio Satisac