

Recibido: 03 de Marzo del 2021

Aceptado: 20 de Mayo del 2021

**Sección: Artículo original, investigación cuantitativa**

**EFFECTO DE MICORRIZAS Y ACTINOMICETOS EN EL *Zea mays* L. CULTIVADO EN INVERNADERO**

**EFFECT OF MYCORRHIZAE AND ACTINOMYCETES ON *Zea mays* L. GROWN IN GREENHOUSE**

Andrés Pedro Huamán Ramos<sup>1</sup> Agustín Perales Angoma<sup>1</sup>

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de micorrizas y actinomicetos en el cultivo de maíz, variedad Ccarhuay (*Zea mays* L) en el invernadero de pruebas biológicas de la Universidad Nacional de Huancavelica. El experimento fue evaluado mediante el Diseño Bloques Completamente al Azar, con 5 tratamientos (Suelo Micorrizado de Huachaybamba 1 (SMH1), Suelo Micorrizado de Pomavilca 2 (SMP2), Suelo con Actinomiceto de Chupa 1 (SACH1), Suelo con Actinomiceto de Pueblo Viejo 2 (SAPV2), y Suelo de "Común Era", como testigo (T)) distribuidos en 5 bloques, y 25 unidades experimentales. Se evaluó la altura de la planta, diámetro del tallo,

número de hojas por planta, longitud de la raíz, el índice de vigor, el peso fresco y seco de la biomasa radicular y foliar. Los datos obtenidos indican que, los suelos con micorrizas y actinomicetos no influyen en la longitud de raíz, pero incrementan la altura de planta, el peso fresco y seco de la biomasa radicular. Los suelos con actinomicetos incrementan el diámetro de los tallos, índice de vigor, el peso fresco y seco de la biomasa foliar de las plantas de maíz.

**Palabras claves:** *Zea mays*, suelo con micorrizas y actinomicetos, biomasa radicular y foliar.

**ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate the effect of mycorrhizals and actinomycetes on corn cultivation,

✉ Andrés Huamán Ramos  
[andrepedrohuaman@gmail.com](mailto:andrepedrohuaman@gmail.com)

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Huancavelica  
Jr. Victoria Garma N° 275 y Jr. Hipólito  
Unanue N° 280 cercado de  
Huancavelica, Perú

Ccarhuay variety (*Zea mays* L) in the greenhouse of biological tests of the National University of Huancavelica. The experiment was evaluated using the Random Completely Blocks Design, with 5 treatments (Huachaybamba 1 Micorrized Soil (SMH1), Pomavilca 2 Mycorred Soil (SMP2) Soil with Actinomycete of Chupa 1 (SACH1), soil with Actinomycete of Pueblo Viejo 2 (SAPV2), and "Común Era" soil, as Witness (T)) distributed in 5 blocks, and 25 experimental units. Plant height, stem diameter, number of leaves per plant, root length, vigor index, fresh and dry weight of root and foliar biomass were evaluated. The results indicate that soils with mycorrhizals and actinomycetes do not influence root length, but increase plant height, fresh and dry weight of root biomass. Soils with actinomycetes increase the diameter of the stems, the rate of vigor, the fresh and dry weight of the foliar biomass of plants of corn.

**Keywords:** *Zea mays*, soil with mycorrhizals and actinomycetes, root biomass and foliar.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la Provincia de Acobamba, el manejo de la fertilización en los suelos agrícolas para la producción de maíz amiláceo (*Zea mayz* L.) en una agricultura en seco, es con el uso no controlado de fertilizantes inorgánicos ocasionando alta dependencia externa de insumos químicos, con altos costos de producción, reduciendo la rentabilidad de la actividad agrícola.

Además, esta especie vegetal se adaptan a distintos tipos de suelos, sin embargo, se desarrolla mejor en los suelos que presentan una textura media (franco, franco arcilloso arenoso, franco arcilloso); profundos, bien drenados y de buena estructura que permitan asegurar un buen crecimiento de las raíces. La pendiente del terreno no deber ser superior al 15%. El rango óptimo de pH es de 6,1 a 7,8. El contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (>4%) (MINAGRI, 2019). Muchos de los suelos donde se cultiva el maíz no reúnen estas condiciones, el uso de NPK reduce la actividad de las micorrizas, afectando la disponibilidad del fósforo para el cultivo (Sanclemente, *et al.*, 2018), y las aplicaciones de nitrógeno entre 160-180 kg ha<sup>-1</sup> reducen de manera considerable poblaciones de micorrizas en los suelos (Colina *et al.*, 2020), ante esta situación, la preocupación científica es mitigar el impacto ambiental negativo causado por el uso excesivo de insumos químicos en los cultivos agrícolas, mediante la utilización de microorganismos promotores del crecimiento vegetal, que incluyen tanto a bacterias como a hongos benéficos asociados con las raíces de las plantas. Entre estos microorganismos destacan los actinomicetos que se encuentran mayor cantidad como fijadores de nitrógeno (> 3,8 log UFC g<sup>-1</sup> suelo) en suelos con sistemas de milpa interclasificado con frutales (Duche *et al.*, 2021) y las micorrizas, estas se encuentran en forma natural en todos los suelos

(Jiménez *et al.*, 2019), siendo esto una alternativa productiva sustentable y amigable con el medio ambiente.

Existen experiencias que cuando se siembran el maíz en suelos cercanos a las plantaciones de Aliso, la producción aumenta, así los campesinos de Guatemala reconocen que las cosechas aumentan con la presencia de Alisos en los cultivos (Dawson 1990, citado por Restrepo, 1997), y en México plantan *Alnus jorullensis* a lo largo de los canales para aumentar la fertilidad de los suelos (Crews y Gliessman, 1991, citado por Restrepo, 1997), en otra experiencia en México, las mazorcas producidas por plantas ubicadas cerca de los árboles de *Alnus jorullensis* fueron 12 % más largas que aquellas mazorcas de las plantas alejadas del Aliso (Farrel, 1990, citado por Restrepo, 1997), en todos los casos es posible que se deba a la actividad de los actinomicetos en simbiosis con el Aliso. El *Alnus acuminata* Kunth, es una especie promisoría para la agroforestería por su capacidad de producir bastante material orgánico rica en nitrógeno, se considera como una de las especies arbóreas más importantes para la recuperación de suelos en ciertas zonas de los andes (Arica, 2003 citado por Oropeza, 2018). Además, Chiclote *et al.* (1985) citado por Oropeza (2018), indica que, la mayor utilidad del Aliso en la sierra, es para mantener y aumentar la fertilidad del suelo, porque produce buena cantidad de biomasa foliar y porque posee nódulos radicales de un actinomiceto del género

*Frankia*, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. Los actinomicetos son microorganismos efectivos en cuanto a la producción de compuestos involucrados en el área de control biológico que por su probada capacidad antagonista demostrada podrían ser considerados como potenciales candidatos a ser utilizados en programas de control de patógenos que afectan a la papa (Caro *et al.*, 2019) y en la promoción del proceso de crecimiento y desarrollo vegetal. Se destacan por la producción de giberelinas, ácido indol acético y sideróforos, demostrando que al igual que las PGPR se encuentran interactuando con las plantas, involucrándose en procesos de crecimiento vegetal. Para lograr el desarrollo de una agricultura sostenible es necesario establecer una alternativa de reducción en el uso de fertilizantes con la sustitución de este por productos naturales y fortalecer el estudio de los actinomicetos como una aplicación tecnológica en el área de la biotecnología (Ventura *et al.*, 2007, citado por Gonzales, 2010).

Los bosques de Pino se utilizan para la producción de madera y captura de carbono. Se debe tener en cuenta que los suelos provenientes de debajo de los bosques de Pinos son eminentemente ácidos ya que las acículas de los pinos por descomposición producen una tierra vegetal cuyo pH suele oscilar alrededor de 4, su uso es ideal para plantas acidófilas. Capulín *et al.* (2009) clasificó el pH del suelo de un bosque de pino como

fuertemente ácido y no mostró diferencia significativa al hacer la comparación de medias de los sitios incendiado y no incendiado, así como entre profundidades. Los hongos se desarrollan de preferencia en suelos ácidos y que el pH óptimo varía con las diferentes especies de hongos. A mayor humedad del suelo las micorrizas son más abundantes. El desarrollo de las micorrizas varía inversamente a la fertilidad del suelo, a menor fertilidad mayor abundancia de micorrizas, el cual es una buena opción para su uso en el cultivo de maíz cuando son conducidos en suelos de baja fertilidad. Los hongos micorrícicos poseen enorme importancia ecológica debido a que mejoran la capacidad de la planta para la absorción de nutrimentos minerales y agua del suelo (Pérez y Read, 2004). En condiciones controladas, en vivero o en los sitios de plantación, los hongos micorrícicos colonizan las raíces de las plantas, formando extensos hilos fungosos en forma de raíz llamados hifas, estas penetran el suelo, incrementado el área de la superficie de absorción (PRONAMCHS, 1998, citado por Vergara, 2004) que permiten una mayor captación de agua a través de su micelio externo (Morte *et al.*, 2001), y debido a esto pueden modificar las relaciones hídricas de la planta hospedante. Una mejora en las relaciones hídricas de la planta supone como consecuencia una mejora en su estado nutricional y ambas reflejadas en una fotosíntesis sostenida, mejorando el rendimiento de toda la planta (mayor

crecimiento) (Augé, 2001, Landhäusser *et al.*, 2002). En ese sentido el estudio del efecto benéfico de la simbiosis micorrícica puede ser posible a través del comportamiento de diferentes variables morfológicas y fisiológicas; entre ellas, puede tener un efecto positivo sobre las variables de crecimiento.

Las investigaciones se focalizan en la selección de los microorganismos más eficientes en experimentos de inoculación en condiciones ambientales controladas de laboratorio, invernadero y de campo, al igual que el estudio de los costos de producción con la aplicación de microorganismos frente a los fertilizantes químicos en cultivos alimenticios. Con esto se pretende llegar a transferir esta tecnología al sector productivo. Así, se espera contribuir a mejorar la calidad ambiental y producción sustentable de alimentos y biocombustibles, mediante un enfoque biológico e integrado basado en la importancia de la diversidad microbiológica y su potencial de utilización biotecnológica (Pedraza *et al.*, 2010), en este contexto el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de micorrizas y actinomicetos en el cultivo de maíz, variedad Ccarhuay (*Zea mays* L.) en el invernadero de pruebas biológicas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el invernadero de pruebas biológicas de la Universidad Nacional de Huancavelica,

Facultad de Ciencias Agrarias. Ubicado en las coordenadas Latitud sur 12° 48' 10" y Longitud oeste 74° 34' 10".

El experimento fue evaluado mediante el Diseño Bloques Completamente al Azar, con 5 tratamientos (Suelo Micorrizado de Huachaybamba 1 (SMH1), Suelo Micorrizado de Pomavilca 2 (SMP2), Suelo con Actinomiceto de Chupa 1 (SACH1), Suelo con Actinomiceto de Pueblo Viejo 2 (SAPV2), y Suelo de "Común Era", como testigo (T) distribuidos en 5 bloques, haciendo un total de 25 unidades experimentales. El maíz se cultivó en recipientes con capacidad de 8 kg, con diámetro de 18 cm y profundidad de 22 cm, en los cuales se colocaron los suelos micorrizados, con actinomicetos y el suelo testigo. Se evaluó en una planta de cada unidad experimental, la altura de la planta, desde el cuello de la raíz hasta el ápice; el diámetro del tallo en el tercio inferior; el número de hojas por planta; la longitud de la raíz, medido desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la raíz; el índice de vigor, dividiendo el valor de la altura sobre el valor

del diámetro del tallo y el peso fresco al momento de la cosecha y seco después de haber secado a la estufa a 75 °C, de la biomasa radicular y foliar.

Los datos de cada una de las variables evaluadas, se procesó a través de Microsoft Excel 2016 y el programa SAS (Statistical Analysis System) (1999). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA); la transformación de datos del número de hojas por planta, y las medias se compararon con la prueba múltiple de comparación de medias de Tukey a un  $\alpha=0,05$ .

### 2.1. Características de los suelos

Los suelos micorrizados se colectaron de lugares con plantación de Pino, y los de actinomicetos de zonas con plantación de Aliso y el suelo testigo de un terreno agrícola. Las características químicas y microbiológicas de los suelos utilizados en el experimento se muestran en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Análisis químico y su interpretación de los suelos micorrizados y con actinomicetos

*FcoArAo=Franco Arcilloso Arenoso, Fco=Franco, FcoAo=Franco Arenoso*

Zona	Textura			pH	M.O %	N %	P ppm	K ppm
	Ao	Li	Ar					
Huachaybamba	60	22	18	3,50	6,47	0,32	14,45	192,50
	FcoArAo			Fuerte ácido	Alta	Alta	Alta	Media
Pomavilca	50	20	30	4,30	5,43	0,27	2,99	207,00
	Fco			Fuerte ácido	Alta	Alta	Baja	Media
Chupa	48	25,6	26,4	6,8	6,40	0,32	29,90	1082,00
	FcoArAo			Neutro	Alta	Alta	Alta	Alta
Pueblo viejo	56	22	22	5,80	6,40	0,32	16,94	646,00
	FcoArAo			Mod. ácido	Alta	Alta	Alta	Alta
Común era	54	14	32	6,70	0,94	0,05	6,98	161,50
	FcoAo			Neutro	Baja	Baja	Baja	Media

Fuente: Elaborado a partir de los resultados dados por el Laboratorio de suelos de la Estación Experimental Agraria Santa Ana – Junín. INIA. (2020).

Tabla 2. Análisis microbiológico de los suelos micorrizados y con actinomicetos.

Zona	Parámetro	Resultado	Unidad
<b>Huachaybamba</b>	Conteo de esporas de micorrizas	952	Nº/100g
<b>Pomavilca</b>	Conteo de esporas de micorrizas	269	Nº/100g
<b>Chupa</b>	Recuento de actinomicetos	29 x 10 <sup>6</sup>	UFC/g
<b>Pueblo viejo</b>	Recuento de actinomicetos	97 x 10 <sup>6</sup>	UFC/g
<b>Común era</b>	Conteo de esporas de micorrizas	162	Nº/100g
	Recuento de actinomicetos	17 x 10 <sup>6</sup>	UFC/g

UFC=Unidad Formadora de Colonias

Fuente: Elaborado a partir de los resultados dados por el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” UNALM. (2020).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Altura de la planta

La altura de las plantas cultivadas en suelo Micorrizado de Huachaybamba (76,53cm), Micorrizado de Pomavilca (75,40cm), con Actinomiceto de Chupa (62,93cm) y Actinomiceto de Pueblo Viejo (62,53cm) son estadísticamente similares y superan significativamente a las obtenidas en el suelo Testigo (tabla 3); esta diferencia de altura es debido, a que los suelos micorrizados y con actinomicetos son más fértiles en sus componentes químicos y en su contenido microbiológico en comparación al testigo, confirmándose lo reportado por Salamanca y Cano (2005) que en la evaluación que realizaron en cítricos de mandarina cleopatra notaron un mayor incremento de altura de plantas, cuando se les aplicó un tratamiento de micorriza introducida en un sustrato de suelo-arena-compost con respecto a la

micorriza nativa suelo – arena. También se confirma que los hongos micorrícicos mejoran la capacidad de la planta para la absorción de nutrimentos minerales y agua del suelo (Pérez y Read, 2004) y en condiciones controladas, como es el caso del presente experimento, los hongos micorrícicos colonizan las raíces de las plantas, formando extensos hilos fungosos en forma de raíz llamados hifas, estas penetran el suelo, incrementado el área de la superficie de absorción (PRONAMCHS, 1998, citado por Vergara, 2004) que permiten una mayor captación de agua a través de su micelio externo (Morte *et al.*, 2001), y debido a esto pueden modificar las relaciones hídricas de la planta hospedante. Una mejora en las relaciones hídricas de la planta supone como consecuencia una mejora en su estado nutricional y ambas reflejadas en una fotosíntesis sostenida mejorando el

rendimiento de toda la planta (mayor crecimiento) (Augé, 2001, Landhäusser *et al.*, 2002). Estos datos también indican que los suelos con actinomicetos influyen en el crecimiento de las plantas concordante con lo mencionado por Rico (2009) que señala que los actinomicetos promueven el crecimiento de las plantas de *Solanun Tuberosum*. Entonces se puede afirmar que los suelos con micorrizas y con actinomicetos incrementan la altura de las plantas en condiciones controladas.

### 3.2. Diámetro del tallo de la planta

El diámetro del tallo de las plantas producidas en suelos con Actinomiceto de Pueblo Viejo (1,28 cm) y Actinomiceto de Chupa (1,25 cm) son estadísticamente similares y superan significativamente a los tratamientos con Micorrizas de Huachaybamba (0,85 cm), Micorrizado de Pomavilca (0,73 cm) y al Testigo (0,78 cm) suelo agrícola de Común Era FCA-UNH (tabla 3); estos datos explican que los suelos con actinomicetos son los más adecuados a las exigencias edáficas del cultivo de maíz, son suelos de textura media, contenido alto en potasio y con pH moderadamente ácido a neutro y confirma lo mencionado por Rico (2009) que las cepas de actinomicetos tienen un efecto benéfico sobre la planta de Papa en cuanto a la promoción del crecimiento de la planta como en la producción de tubérculos, reflejado en el incremento del número de tubérculos. Por lo tanto, se concluye que los suelos con actinomicetos incrementan

el diámetro de los tallos de las plantas cultivadas en invernadero.

### 3.3. Índice de vigor del maíz, variedad Ccarhuay

En la tabla 3 se observa que el índice de vigor de las plantas crecidas en suelo Micorrizado de Pomavilca (105,12) y Micorrizado de Huachaybamba (91,17) son estadísticamente similares y superan significativamente a los otros tratamientos, así mismo, aquellos con Actinomiceto de Chupa (50,65), Actinomiceto de Pueblo Viejo (49,90) y testigo (42,05) son estadísticamente similares, estos resultados indican que los suelos con actinomicetos son los más favorables para la ganancia de robustez de las plantas, debido a los valores del índice de vigor más deseables son los menores valores posibles, una vez más se confirma lo mencionado por Ventura *et al.* (2007), citado por Gonzales (2010) que los actinomicetos son microorganismos efectivos en cuanto a la producción de compuestos involucrados en la promoción del proceso del desarrollo vegetal. Aunque García (2018) indica que las micorrizas influyen en la altura de planta y diámetro al cuello de la raíz, de todas las especies de Pino y presentaron diferencias significativas entre tratamientos, y recomienda utilizar dosis bajas en futuros programas de micorrización por ser una técnica, eficaz y económicamente factible. En consecuencia, los suelos con actinomicetos son favorables para la

ganancia de robustez de las plantas, medido a través del Índice de vigor.

### 3.4. Número de hojas por planta

El número de hojas por planta desarrolladas en suelo Micorrizado de Pomavilca (10,80 hojas/planta) supera estadísticamente al Testigo (9,40 hojas/planta) y entre los tratamientos en estudio no existe diferencia significativa en la producción de hojas (tabla 3); las evidencias encontradas indican que este parámetro biométrico no es afectado por los suelos micorrizados de Huachaybamba

y con actinomicetos, dejando entender que el número de hojas por planta depende de las características genotípicas de la variedad de maíz, tal como indica García *et al.* (2020) que el número de hojas por planta depende de la variedad, los cuales tienen características bien definidas y que reúne la condición de ser diferentes a otras variedades, siendo estables en sus características esenciales. Entonces se puede afirmar que los suelos con micorrizas y actinomicetos tienen relativa influencia en el número de hojas por planta.

Tabla 3. Efecto de los suelos los suelos micorrizados y con actinomicetos en las características del cultivo de maíz, variedad Ccarhuay.

SUELOS	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo de la planta (cm)	Índice de Vigor	Número de hojas/planta	Longitud de las raíces (cm)
Suelo Micorrizado de Huachaybamba 1 (SMH1)	76,53 A	0,85 B	91,17 A	10,40 BA	68,40 A
Suelo Micorrizado de Pomavilca 2 (SMP2)	75,40 A	0,73 B	105,12 A	10,80 A	61,20 A
Suelo con Actinomicetos de Chupa 1 (SACH1)	62,93 A	1,25 A	50,65 B	10,20 BA	66,53 A
Suelo con Actinomicetos de Pueblo Viejo 2 (SAPV2)	62,53 A	1,28 A	49,90 B	10,00 BA	62,47 A
Testigo (T)	33,47 B	0,78 B	42,05 B	9,40 B	49,80 A

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes. Tukey  $\alpha = 0,05$ .

### 3.5. Longitud de las raíces de las plantas

La longitud de raíz de las plantas establecidas en suelo Micorrizado de Huachaybamba (68,40 cm), con Actinomiceto de Chupa (66,63 cm),

Actinomiceto de Pueblo Viejo (62,47cm), Micorrizado de Pomavilca (61,20 cm) y Testigo (49,80 cm) son estadísticamente similares (tabla 3); esto se debe a que el maíz requiere suelos de textura media para el crecimiento de su sistema radicular y



como todos los suelos en estudio tienen textura media entonces el crecimiento de las raíces fueron similares no habiendo diferencia, además se cultivó en recipientes similares en profundidad y volumen. También confirma en ciertos casos lo encontrado por Zhang *et al.* (2019) que el aumento de la longitud de la raíz de las plantas inoculadas con *R. intraradices* y *G. versiforme* no fue significativo, pero sí fue significativo después de la inoculación con *F. mosseae*; la longitud media de la raíz de las plantas de *T. sinensis* y *D. Toxicarpa* se incrementó respectivamente en un 11 y un 7%. En estas condiciones los suelos con micorrizas y actinomicetos no influyen en el crecimiento (longitud) del sistema radicular.

### **3.6. Peso fresco y seco de las raíces por planta**

En la figura 1 se observa el peso fresco de las raíces de las plantas producidas en suelo con Actinomiceto de Pueblo Viejo (5,06 g), Actinomiceto de Chupa (4,52 g) y Micorrizado de Huachaybamba (3,57 g) son estadísticamente similares, y superan significativamente al Testigo (1,46 g), y

esta a su vez es similar estadísticamente al tratamiento con Micorrizado de Pomavilca; esta variación de los pesos, se deben a que los suelos con actinomicetos son fértiles en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio y el suelo de Huachaybamba con mayor concentración de esporas de micorrizas y mayor contenido de fósforo favorecen la producción de raíces. En el caso del efecto de los suelos de Pomavilca concuerdan con los reportados por Zhang *et al.* (2019), que la inoculación de Hongos Micorrícicos Arbusculares influyó mínimamente en la biomasa de las raíces de dos especies de árboles. En cambio, en lo que se refiere a la producción de materia seca radicular, todos los suelos con micorrizas y actinomicetos superan estadísticamente al testigo, esto se explica porque dichos suelos tienen mayor riqueza tanto de nutrientes y microorganismos benéficos y que el cultivo estudiado responde muy bien al uso de micorrizas y actinomicetos. En consecuencia, se puede afirmar que los suelos con micorrizas y actinomicetos incrementan el peso fresco y seco del sistema radicular de esta especie vegetal.

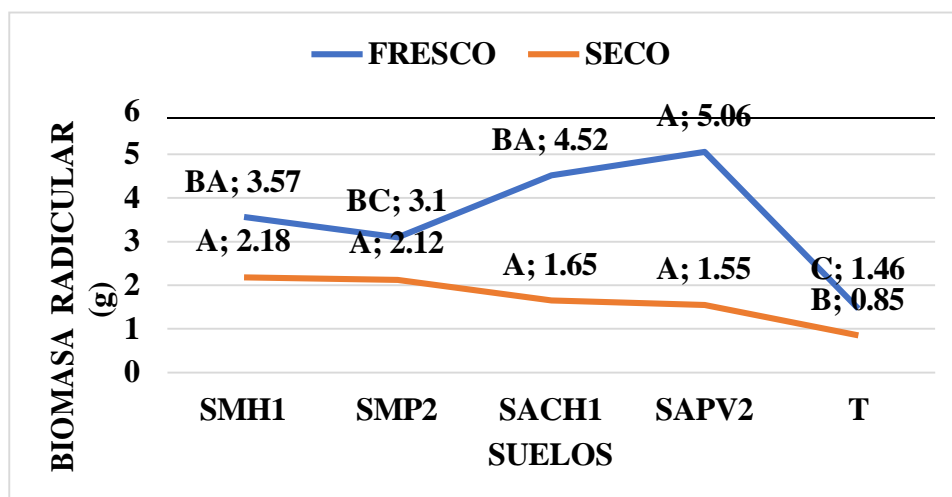


Figura 1. Efecto de los suelos en la producción de biomasa radicular. (las medias con letras iguales no son significativamente diferentes. Tukey  $\alpha = 0,05$ )

### 3.7. Peso fresco y seco de la parte foliar por planta

El peso fresco foliar (Figura 2) de las plantas cultivadas en suelo con Actinomiceto de Chupa (66,27 g) y con Actinomiceto de Pueblo Viejo (64,51 g) son estadísticamente similares y superan significativamente a los otros tratamientos, así mismo los tratamientos con suelo Micorrizado de Huachaybamba (38,75 g) y Micorrizado de Pomavilca (32,65 g) son estadísticamente similares y superan significativamente al testigo (20,07 g). La diferencia entre suelos micorrizados con los suelos con actinomicetos se debe al pH fuertemente ácido de los suelos micorrizados, que influyen en la disponibilidad de los nutrientes, esto a su vez afecta la absorción de nutrientes y consecuentemente hay menor rendimiento de materia foliar ya sea fresca o seca, y la diferencia entre los suelos con micorrizas, suelos con actinomicetos y el testigo es por

la diferencia en los contenidos de nutrientes, micorrizas y actinomicetos, a mayor riqueza nutricional y microbiológica mayor es el rendimiento de biomasa foliar fresca, confirmando lo mencionado por Zhang *et al.* (2019) que la biomasa de brotes de las plántulas de *T. sinensis* y *D. toxocarpalis* inoculadas con hongos micorrícicos, se incrementaron en un 15,7–21,2% y un 8,5–20,4%, respectivamente, en comparación con las plántulas no inoculadas. Además, Cabrales *et al.* (2016) indican que la inoculación con micorrizas pueden disminuir la aplicación de P en un 25% e incrementar los rendimientos del maíz hasta en un 100%.

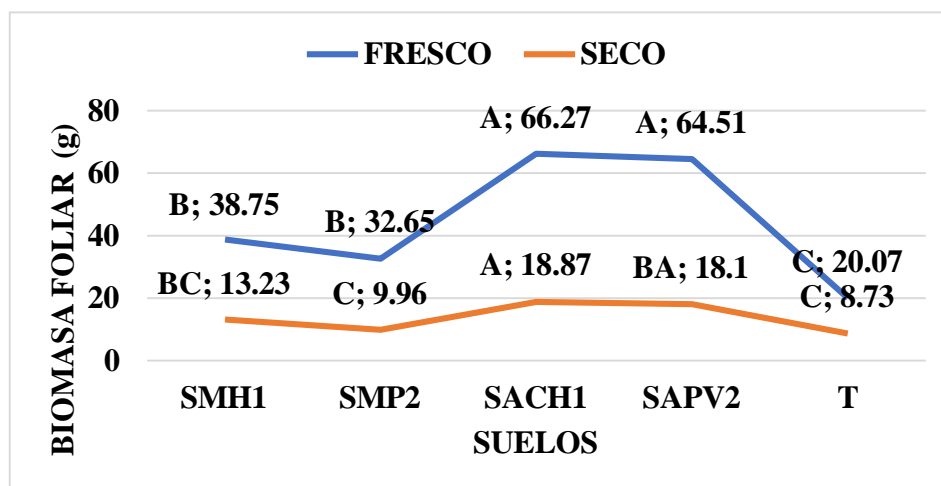


Figura 2. Efecto de los suelos en la producción de biomasa foliar. (las medias con letras iguales no son significativamente diferentes. Tukey  $\alpha = 0,05$ )

La producción de materia seca foliar es afectada por los suelos fuertemente ácidos, y de baja fertilidad, en cambio los suelos con actinomicetos favorecen la producción de biomasa foliar seca, confirmándose lo mencionado por Ventura *et al.* (2007), citado por Gonzales (2010) que los actinomicetos son microorganismos efectivos en cuanto a la producción de compuestos involucrados en la promoción del proceso del desarrollo vegetal. En consecuencia, se puede afirmar que los suelos con actinomicetos incrementan el peso fresco y seco de la biomasa foliar de las plantas en condiciones del invernadero de pruebas biológicas.

#### 4. CONCLUSIONES

Los suelos con micorrizas y actinomicetos no influyen en el crecimiento (longitud) del sistema radicular (61,68 cm), tienen relativa influencia en el número de hojas por planta (10,16), incrementan la altura de

planta (62,17 cm), el peso fresco (3,54 g) y seco del sistema radicular (1,67 g). Los suelos con actinomicetos incrementan el diámetro de los tallos (0,98 cm), el Índice de vigor (78,67), el peso fresco (44,45 g) y seco (13,78 g) de la biomasa foliar de las plantas de maíz, variedad Ccarhuay (*Zea mays* L.) en condiciones del invernadero de pruebas biológicas y la utilización de micorrizas y actinomicetos presentes en suelos de Pino y Aliso, se convierte en una alternativa de biofertilización en la producción agrícola.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Huancavelica por el apoyo económico mediante el programa 066, para el desarrollo del experimento.

#### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Augé, R. (2001). Relaciones hídricas, sequía y simbiosis micorrízica

- vesicular-arbuscular. *Mycorrhiza*, 11, 3-42. <https://doi.org/10.1007/s005720100097>.
- Cabrales H, Eliecer M., Toro, Marcia y López-Hernández, Danilo. (2016). Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico, Venezuela. *Temas agrarios*. Vol. 21:(2). 21 – 31. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/312/898-2255-2-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Capulín Grande, Juan, Mohedano Caballero, Leopoldo y Razo Zarate, Ramón. (2009). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de Pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*, 28, 79-87. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0187-57792010000100009&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792010000100009&lng=es)
- Caro Castro, Junior, Mateo Tuesta, Claudia, Cisneros Moscol, Jessica, Galindo Cabello, Nadia, y León Quispe, Jorge. (2019). Aislamiento y selección de actinomicetos rizosféricos con actividad antagonista a fitopatógenos de la papa (*Solanum tuberosum* spp. andigena). *Ecología Aplicada*, 18(2), 101-109. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1329>
- Colina Navarrete, E. N., Paredes Acosta, E., Gutiérrez Mora, X., y Vera Suarez, M. (2020). Efecto de fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) sobre poblaciones de hongos micorrízicos, en Babahoyo. *Journal of Science and Research*, 5(CININGEC), 135 - 155. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1003>
- Duché-García, T. T., Ocampo-Fletes, I., Cruz-Hernández, J., Hernández-Guzmán, J. A., Macías-López, A., Jiménez-García, D., y Hernández-Romero, E. (2021). Microbial groups in a milpa agroecosystem interclassified with fruit trees in high valleys of Puebla, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24(2). <http://www.revista.ccba.uady.mx/urn:ISSN:1870-0462-tsaes.v24i2.36681>
- García-Mendoza, Pedro J., Marín-Rodríguez, Carlos A., Prieto-Rosales, Gino P. y Pérez-Almeida, Iris B. (2020). Caracterización morfológica de seis variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.), evaluadas en la localidad Mantacra, Pampas Huancavelica, Perú.

- <http://revistas.inia.gob.pe/index.php/REVINIA/article/view/2/2>
- García Rodríguez, José Leonardo. (2018). Micorrización controlada de plántulas del género *Pinus* en vivero y su incidencia sobre atributos del material y del comportamiento (Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Concepción, Chile). [http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3254/4/Tesis\\_Micorrizacion\\_controlada\\_de\\_plantulas.Image.Marked.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/3254/4/Tesis_Micorrizacion_controlada_de_plantulas.Image.Marked.pdf)
- Gonzales Jiménez, Yesmy Tatiana. (2010). Los actinomicetos: una visión como promotores de crecimiento vegetal (Trabajo de grado para título de Microbióloga agrícola y veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia). <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8665/tesis618.pdf;sequence=1>
- Jiménez Ortiz, Manuela Margarita, Gómez Álvarez, Regino, Oliva Hernández, Jorge, Granados Zurita, Lorenzo, Pat Fernández, Juan Manuel, y Aranda Ibáñez, Emilio Manuel. (2019). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova scientia*, 11(23), 00009. Epub 10 de marzo de 2020. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Landhäusser, S. M., Muhsin, T. M., Zwiazek. J. J. (2002). The effect of ectomycorrhizae on water relations in aspen (*Populus tremuloides*) and white spruce (*Picea glauca*) at low soil temperatures. *Canadian Journal of Botany*, 1 de junio de 2002. <https://doi.org/10.1139/b02-047>
- MINAGRI (2019). Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de Maíz Amiláceo. Dirección General de Políticas Agrarias /Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Disponible en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419900/ficha-tecnica-07-cultivo-amilaceo.pdf>
- Morte, A., Díaz, G., Rodríguez, P. *et al.* (2001). Crecimiento y relaciones hídricas en plantas de *Pinus halepensis* micorrízicas y no micorrizas en respuesta a la sequía. *Biología Plantarum*, 44, 263-267. <https://doi.org/10.1023/A:1010207610974>.
- Oropeza Camones, Kely Keyko. (2018). Aporte de nutrientes de la biomasa vegetal de tres árboles nativos

- utilizados en sistemas agroforestales y su contribución para la producción agroforestal del Caserío San Ildefonso de Llanqui, Provincia de Aija, 2016 (Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", Huaraz, Áncash, Perú). <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2447>
- Pedraza, Raúl O., Teixeira, Kátia R. S., Fernández Scavino, Ana, García de Salamone, Inés, Baca, Beatriz E., Azcón, Rosario, Baldani, Vera L. D., Bonilla, Ruth. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155-164. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol11\\_num2\\_art:206](https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:206)
- Pérez-Moreno, Jesús, y Read, David J. (2004). Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia*, 29(5), 239-247. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442004000500004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442004000500004&lng=es&tlng=es).
- Restrepo Uribe, Guillermo. (1997). Infectividad y efectividad de los actinomicetos del género *Frankia* asociados con *Alnus acuminata* ssp *acuminata* en Colombia. *Crónica forestal y del medio ambiente*, 12(1). Universidad Nacional de Colombia.
- Rico Gallegos, Marvic Angélica. (2009). Capacidad promotora de crecimiento vegetal por bacterias del género *Azotobacter* y Actinomicetos aislados de cultivos de *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753 (Papa) cultivados en zonas altoandinas del Perú (Tesis de título profesional de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú). [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/875/Rico\\_gm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/875/Rico_gm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salamanca, C. y Cano, C. (2005). Efecto de las micorrizas y el sustrato en el crecimiento vegetativo y nutrición de cuatro especies frutales y una forestal, en la fase de vivero, en el Municipio de Restrepo-Meta, Colombia. <https://docs.google.com/viewer?av&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbnxzZWVsb3NIY3VhdG9yaWFsZXN8Z3g6MzZIOTViYWVWNmYzQ3NjQzYw>
- Sanclemente Reyes, Oscar Eduardo, Sánchez de Prager, Marina, y

- Prager Mosquera, Martín. (2018). Prácticas agroecológicas, micorrización y productividad del intercultivo maíz - soya (*Zea mays* L. - *Glycine max* L.). *Idesia* (Arica), 36(2), 217-224.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000301>
- SAS (Statistical Analysis System). (1999). Software. The SAS System for Windows version 8. Institute Inc. Cary, NC 27513, USA.
- Vergara Altamirano, Karim Elizabeth (2004). Respuesta del inóculo Micorrizal del hongo *Sclerotinia verrucosum* en la Producción de Plántulas de *Pinus radiata* D. Don en Jauja (Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú).  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1741>
- Zhang Zhongfeng, Mallik Azim, Zhang Jinchi, Huang Yuqing, Zhou Longwu. (2019). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on inoculated seedling growth and rhizosphere soil aggregates. *Soil & Tillage Research*, 194 (2019) 104340,  
<https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104340>