

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE DOS BIOFERTILIZANTES SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO INICIAL DE ARVEJA (*Pisum sativum*) Y FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)

COMPARISON OF THE EFFECT OF TWO BIOFERTILIZERS ON PEA (*Pisum sativum*) AND BEAN (*Phaseolus vulgaris*) GERMINATION AND INITIAL GROWTH

B.Y. Rojas-Peña¹, J. Rueda-Ruiz¹, E.R. Barreño-Romero¹ y L.A. García-Galindo¹

¹ Fundación Universitaria Horizonte-UniHorizonte, Bogotá, Colombia

RESUMEN

Los cultivos de arveja y frijol son de los más importantes en Colombia, ya que entre los dos se supera el 34% de la superficie cultivada total del país y es una actividad a la que se dedican alrededor de 25,000 agricultores. Estos han sido manejados tradicionalmente con fertilización química, sin que ello implique altos rendimientos (toneladas de grano/hectárea), mientras que si se ha ocasionado impacto ambiental considerable, por lo que el uso de biofertilizantes se ha venido desarrollando y fortaleciendo en los últimos años. En la presente investigación se evaluaron los biofertilizantes humus líquido y micorriza, cada uno en tres concentraciones diferentes: 2, 5 y 10% para humus y 1, 3 y 9% para micorriza, aplicadas en una sola dosis al inicio del experimento a cinco individuos por tratamiento (repeticiones). Las plántulas se revisaron cada dos días para registrar y fotografiar cambios que se presentaran en la germinación y crecimiento inicial de las mismas. Se tuvieron como variables respuesta en el tiempo: el crecimiento vegetativo, color y número de hojas y al final del experimento se midió tamaño de la raíz y el peso seco de cada individuo. Fue posible observar que los tratamientos con humus en todas las concentraciones, afectaron negativamente al frijol pues ninguna planta germinó en presencia de este biofertilizante. Respecto al crecimiento de las plántulas de arveja, a pesar que su crecimiento fue más lento que el de las plantas de frijol durante los primeros días del experimento, en las últimas observaciones las plantas de arveja, tanto en presencia de humus como de micorriza, presentaron un mayor crecimiento en todos los casos. Los resultados obtenidos pueden ser empleados para implementar en el primer momento planes de fertilización adecuados y económicos enfocados a huertas urbanas que mejoren la seguridad alimentaria en ciudades como Bogotá.

PALABRAS CLAVE: Biofertilización, huerta urbana, humus, micorriza.

ABSTRACT

Pea and bean are two of the most important crops in Colombia, accounting for 34% of the country's total cultivated area and being an activity that involves around 25,000 farmers. These crops have traditionally been handled with chemical fertilization, without high yields (tons of grain / hectare), which has caused considerable environmental impact, as a consequence, the use of biofertilizers has been developed and strengthened in recent years. The biofertilizers liquid humus and mycorrhiza were evaluated, each in three different concentrations: 2, 5 and 10% for humus and 1, 3 and 9% for mycorrhiza, applied in a single dose at the beginning of the experiment to five individuals by treatment (repetitions). The seedlings were reviewed every two days to record and photograph changes that occurred in the germination and initial growth of the crops. The response time variables were: vegetative growth, color and number of leaves and at the end of the experiment root size and dry weight of each individual were measured. It was possible to observe that humus treatments at all concentrations, affected negatively bean plants because no one germinated in the presence of this biofertilizer. Regarding the growth of the pea seedlings, although their growth was slower than that of the bean plants during the first days of the experiment, in the last observations the pea plants, both in the presence of humus and mycorrhiza, presented higher length in all cases. The results obtained can be used to implement in the first moment adequate and economic fertilization plans focused on urban orchard that improve food security in cities like Bogotá.

KEYWORDS: Biofertilization, urban orchard, humus, mycorrhiza.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) y su cultivo es una de las principales actividades de la economía campesina colombiana siendo uno de los productos de mayor importancia en la canasta familiar, no sólo por su gran sabor sino también por su contenido nutricional (proteínas y minerales esenciales) (Arias, Rengifo & Jaramillo, 2007). En el país se cultiva desde los 800 hasta los 2900 sobre el nivel del mar, especialmente de tipo voluble (65%), aunque también bajo el tipo arbustivo (35%) (Centro internacional de agricultura tropical – CIAT, s.f), siendo considerado por los colombianos como un producto clave en la seguridad alimentaria de la población (Arias *et al.*, 2007).

En tanto, la leguminosa conocida con el nombre común de arveja (*Pisum sativa*), se caracteriza por ser un alimento que tiene propiedades nutricionales excelentes (proteínas, carbohidratos, vitaminas y fibra), y que puede ser incorporado como ingrediente fresco en numerosas preparaciones culinarias, por lo que en Colombia su cultivo es el segundo en importancia luego del frijol (Departamento Nacional de Estadística – DANE, 2015). Para su producción se cuenta con dos sistemas en el país, siendo el principal el cultivo por tutorado, el cual es muy utilizado en los departamentos de Nariño, Cundinamarca, Boyacá y Tolima, departamentos líderes en su producción (DANE, 2014).

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible afirmar que tanto la arveja como el frijol son muy apreciados en todo el país, por lo que las prácticas implementadas para su cultivo bajo condiciones de calidad y respeto al medio ambiente son completamente válidas, pues garantizan la salud, seguridad y bienestar de los colombianos.

Por otra parte, es importante mencionar que día a día los costos ocasionados por la expansión y demanda de cultivos debido a la necesidad de fertilización, teniendo en cuenta los altos precios de los fertilizantes químicos, ha incentivado la búsqueda de otras opciones para abonar las plantas (Reyes, 2014), destacando el uso de biofertilizantes constituidos por microorganismos o provenientes de procesos de tipo compostaje o lombricompostaje.

Al realizar en varias regiones del país la evaluación a nivel experimental del uso de fertilizantes químicos en interacción con biofertilizantes, inoculando semillas de diferentes cultivos agrícolas, los resultados indican que

con la aplicación de biofertilizantes se obtiene mayor rendimiento del cultivo, mayor calidad del producto y/o menor costo de producción por unidad de superficie, pues el uso de bioinoculantes permite reducir, en promedio, hasta un 50% la fertilización mineral al suelo asociado a un ahorro de alrededor de 52% del costo por fertilizantes químicos, generando además incrementos en rendimiento de un 25%, en los cultivos (García, 2016).

Dentro de los biofertilizantes a partir de microorganismos, se resalta la importancia de aquellos a base de hongos formadores de micorriza (HFM). Se conoce con el nombre de micorriza a la asociación mutualista existente entre las raíces de variedad de las plantas y ciertos hongos benéficos presentes en el suelo (Reyes, 2014), que por lo general se encuentran en la mayoría de los suelos agrícolas (Aguirre, Irizar, Peña, Durán, Grajeda, & Cruz, s.f). Estos incrementan el volumen de la raíz y, por lo tanto permiten una mayor exploración de la rizósfera, dando lugar así a una mejor y más alta absorción de nutrientes por parte de las raíces de la planta, la cual en contraprestación, provee al hongo simbionte de un espacio protegido y azúcares como fotosintatos (Corredor, citado por Noda, 2009).

Varios estudios y centros de investigaciones han evaluado cepas de micorriza tanto en campo como en laboratorio para su uso comercial agrícola, encontrando que la aplicación de estos hongos es de bajo costo, alta eficiencia y mínimo impacto ambiental, mostrando que por ejemplo, en frijol, la adición de micorrizas favoreció un mejor desarrollo de los cultivos y tolerancia a algunas enfermedades causadas por hongos (Reyes, 2014).

Además, con excepción de pocas familias de plantas, las asociaciones entre raíces y hongos formadores de micorrizas (HFM), ocurren en casi todos los ecosistemas terrestres, por lo que su importancia para la nutrición mineral y la salud de las plantas hacen de las micorrizas un recurso biológico de gran utilidad para la producción vegetal que reduce la aplicación de fertilizantes y plaguicidas (Galindo, 2008).

Otro grupo de biofertilizantes son aquellos generados a partir del proceso controlado del tratamiento de residuos orgánicos como por ejemplo el humus de lombriz. De este producto sólido en un inicio, es posible obtener un producto conocido como humus líquido una vez

se decanta y filtra el producto sólido, recuperando de forma concentrada nutrientes y ácidos húmicos (Manual de lombricultura, 2010). Este producto, de acuerdo a Cocoon (s.f), “ha probado tener un efecto más rápido y efectivo que la misma lombricomposta” (párrafo 1). Lo anterior, se afirma debido a que el humus líquido presenta tanto macro (N, K, Ca, Mg) como micronutrientes (B, Fe, Zn) y una concentración importante de microorganismos benéficos, así como sustancias bio-activas (ácidos húmicos, fúlvicos y hormonas vegetales), además de ayudar al biocontrol de patógenos al fortalecer a la planta (Cocoon, s.f).

El uso de los productos previamente mencionados, entre otros, ha sido ampliamente empleado para el manejo de la fertilidad en sistemas de cultivos denominados huertas urbanas. Las huertas urbanas son espacios de cultivo en las ciudades que no sólo han surgido para embellecer y enverdecer los paisajes de cemento, sino que se enfocan principalmente a la producción limpia de alimentos, pues buscan suplir las necesidades alimentarias básicas de la población rural, especialmente de aquellos que se encuentran en contextos vulnerables y/o de crisis económica (Navarrete, 2016).

Cortés (2016), afirma que gracias al programa de Agricultura Urbana, en cabeza del Jardín Botánico de Bogotá (JBB), actualmente existen en la ciudad más de 300 huertas familiares y comunitarias y que en este proceso de acompañamiento por parte del JBB, se han capacitado alrededor de 55.000 personas e incluso implementado unas 19 investigaciones por el equipo del JBB. Siguiendo por la misma línea, de acuerdo a Navarrete (2016) “en Bogotá hay cada vez más huertas urbanas. Ellas producen alimentos sanos y fomentan la conciencia ambiental” (párrafo 3), pues en la ciudad actualmente la agricultura urbana se practica con fines alimentarios, educativos, ambientales, recreativos e incluso terapéuticos, así como para generar espacios de reconciliación al favorecer cercanía entre las comunidades, como un programa incluyente que también mitiga los efectos del cambio climático.

Prueba de esto se observa en la diversidad de espacios que han sido adaptados en la ciudad como huertas urbanas (techos, jardines, ventanales, paredes, etc), de cultivos (hortalizas, aromáticas, frutales, girasoles, etc), así como de personas involucradas en este tipos de procesos (madres o padres cabeza de hogar, familias enteras, niños, discapacitados, ancianos, entre otros). Mostrando de esta forma que además de ofrecer independencia alimentaria, la agricultura urbana

fomenta el bienestar del individuo y es una herramienta para la reconstrucción del tejido social (Navarrete, 2016), da la posibilidad de mantener su tradición cultural al campesino (Leandro, 2013), e incluso puede generar excedentes para el intercambio y la comercialización (Cortes, 2016).

Sin embargo, de acuerdo a García (2015) “es importante recalcar que actualmente los temas relativos a la sostenibilidad, muestran un vacío en cuanto a la poca comprensión y apropiación real de que hay de los mismos por la población” (p. 57). Frente a esto, se considera que involucrar a la población con su participación activa en el diseño, implementación, mantenimiento y cuidado de huertas urbanas puede generar un impacto positivo en ellos, logrando que se adueñen del proceso y tomen parte de su responsabilidad social y ambiental.

Buscando seleccionar las condiciones más favorables (tipo de biofertilizante y dosis del mismo) para cada especie de planta, se diseñó un experimento que permitió comparar el efecto de dos biofertilizantes, uno líquido a base de humus de lombriz y otro sólido a base de micorrizas, sobre el crecimiento y germinación de dos especies vegetales de alto consumo en la ciudad de Bogotá, arveja (*Pisum sativum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). Lo anterior con la finalidad de poder aplicar los resultados obtenidos como recomendaciones de fertilización biológica, dentro del plan de manejo para la creación de huertas orgánicas al interior de la Fundación Universitaria Horizonte en la ciudad de Bogotá, ya que la responsabilidad social y ambiental empresarial enmarca los procesos de UniHorizonte y se ha observado un alto compromiso de la comunidad universitaria en este proyecto.

II. DISEÑO METODOLÓGICO

A. ESPECIES DE ESTUDIO Y BIOFERTILIZANTES

Para este estudio de germinación y crecimiento inicial bajo el efecto de biofertilizantes se seleccionaron semillas certificadas de las especies *Phaseolus vulgaris* (frijol) y *Pisum sativum* (arveja), debido a que estos son los dos principales cultivos de leguminosas en Colombia (DANE, 2015). Por cada uno de los tratamientos y controles se emplearon réplicas de cinco (5) semillas para un total de 35 semillas de cada especie.

Para las pruebas se seleccionaron dos biofertilizantes, uno de en presentación líquida y otro de presentación sólida. Como biofertilizante líquido se empleó humus

de lombriz obtenido del proceso de lombricompostaje realizado en los invernaderos de la Facultad de agronomía de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá. En tanto, como biofertilizante sólido se empleó el producto comercial Micorrizar®, el cual consta de un mix a base de esporas de hongos de las especies *Glomus sp.*, *Acaulospora sp.*, *Enterospora sp.* y *Gigaspora sp.*

El suelo empleado fue obtenido de un vivero reconocido garantizando su calidad para el proceso de la presente investigación.

B. INSTALACIONES Y EQUIPOS

La preparación de los biofertilizantes, la siembra en semillero y las observaciones periódicas de germinación y crecimiento se realizaron en las instalaciones del laboratorio de física y química de la Fundación Universitaria Horizonte. En tanto, el proceso de secado de las plántulas hasta peso constante y la medición del mismo se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia.

Como equipos se emplearon balanza semianalítica, horno botánico y cámaras fotográficas.

C. TRATAMIENTOS

Buscando seleccionar las condiciones más favorables (tipo de biofertilizante y dosis del mismo) para cada especie se plantearon los siguientes tratamientos (Tabla 1).

Las dosis para cada uno de los biofertilizantes se seleccionaron teniendo en cuenta las recomendaciones hechas por expertos (para el caso del humus) y por la casa comercial (Micorrizar®).

TABLA I.

TRATAMIENTOS REALIZADOS DURANTE EL ESTUDIO

BIOFERTILIZANTE/ CONTROL	DOSIS	ESPECIE (CANTIDAD DE PLANTAS)	
		ARVEJA (UND)	FRÍJOL (UND)
HUMUS	2%	5	5
	5%	5	5
	10%	5	5
MICORRIZAS	1%	5	5
	3%	5	5
	9%	5	5
CONTROL NEG.	-	5	5

FUENTE: DISEÑO PROPIO

Las semillas fueron revisadas respecto a sus características físicas antes de ser sembradas en el suelo o sustrato de mezcla (suelo y Micorrizar®) para verificar que no se encontraban podridas o alteradas estructuralmente y podían hacer parte del ensayo.

D. PREPARACIÓN DE LOS BIOFERTILIZANTES Y LOS TRATAMIENTOS

Preparación del biofertilizante Humus

Para preparar el humus en las concentraciones 2%, 5% y 10% (v/v) para aplicar al suelo se realizaron los cálculos de cada caso como sigue:

1. Para la preparación de humus en primer lugar se determinó la cantidad de solución a preparar de esta concentración, conociendo que por cada panal del semillero se debían colocar 10 mL de la misma.
2. Posteriormente se aplicó la fórmula 1:

$$\text{mL de humus} = (\text{mL totales de la solución a preparar} * \% \text{ a preparar}) / 100\%$$

Fórmula 1.

3. Se tomó con la jeringa la cantidad de humus a aplicar y se completó con el agua restante para cada concentración.
4. Se marcaron las tres soluciones preparadas de acuerdo a la concentración correspondiente y se reservaron hasta su uso.

Preparación del biofertilizante Micorrizar®

La micorriza se preparó mezclando el producto comercial con suelo para ser empleada en proporciones de 1%, 3% y 9% (p/p) para la siembra de las semillas de las dos especies. Para esto se realizaron los cálculos de cada caso como sigue:

1. Para la preparación del suelo con micorrizas en primer lugar se determinó la cantidad de suelo y producto comercial de micorrizas que se requiere preparar de cada concentración, conociendo que por cada panal del semillero se deben tener mínimo 60 g de sustrato (suelo más Micorrizar®)
2. Posteriormente se aplicó la fórmula 2:

$$\text{g de producto micorrizar®} = (\text{g totales de sustrato a preparar} * \% \text{ a preparar}) / 100\%$$

Fórmula 2.

3. Se pesó la cantidad de Micorrizar® a aplicar y se completó con el suelo restante para cada proporción.
4. Se marcaron las tres concentraciones de sustrato preparados de acuerdo a la concentración correspondiente y se reservaron hasta su uso.

Preparación del semillero y siembra

El semillero fue lavado y desinfectado por aspersión con alcohol etílico al 70% antes de iniciar las pruebas. El alcohol se dejó evaporar y se procedió a distribuir los tratamientos en el semillero al azar y marcar cada panel según correspondiera.

Los paneles correspondientes a tratamientos con humus y para aquellos correspondientes a controles, se llenaron con aproximadamente 60 g de suelo. En tanto, los tratamientos en los cuales se empleó micorrizas, cada panel se llenó con 60 g de la mezcla o sustrato correspondiente a cada concentración.

Se colocó cuidadosamente en cada panel una semilla de la especie correspondiente al tratamiento con el cual el panel se encontraba marcado y se cubrió con suelo o sustrato. Posteriormente, los tratamientos con humus se regaron con 10 mL de la concentración respectiva, mientras que los tratamientos con micorrizas y los controles se regaron con 10 mL de agua potable. Finalmente, se ubicó el semillero en un lugar seguro y fresco ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ y $60 \pm 4\%$ de Humedad relativa).

E. RECOLECCIÓN Y TOMA DE DATOS

Las plantas se revisaron cada dos días durante 20 días para registrar y fotografiar cambios que se presentaran en las plántulas tanto de arveja como de frijol. Las variables medidas fueron: tamaño de la plántula (durante todo el experimento), tamaño de la raíz (sólo al final del estudio) y peso seco (solo al final del estudio); aunque también se observaron otras características de las plántulas como color y número de hojas, pero estos datos no se tuvieron en cuenta para los análisis. Si el sustrato/suelo se observaba reseco se regaba con agua potable hasta que estuviera húmedo.

Una vez se concluyó el experimento cada plántula se sacó del semillero cuidadosamente, se midió su parte vegetativa (tallo) y su raíz completas. Cada planta se depositó en una bolsa de papel debidamente marcada con el individuo que contenía y se llevó a secado en horno botánico a 35°C hasta peso constante, para finalmente registrar dicha cantidad, pues a partir de ella se estableció el rendimiento de las siembras.

F. ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

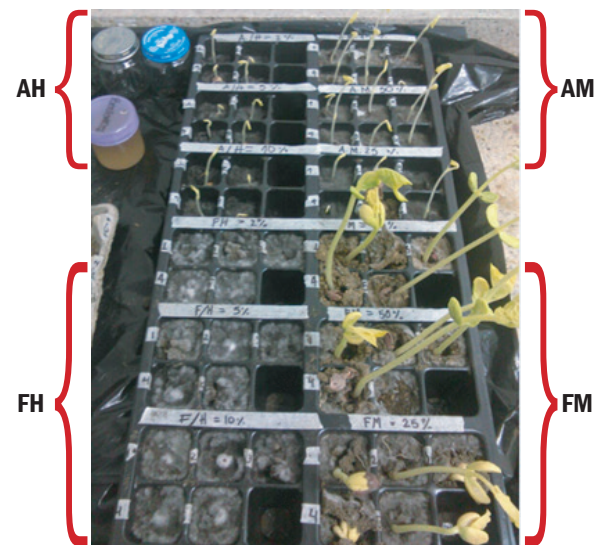
Para la selección del tipo de biofertilizante y dosis con mejores resultados para cada especie se tuvieron en cuenta tanto para el control negativo como para los tratamientos (Micorrizar® y humus), en los tres niveles

de cada tratamiento (dosis), las variables: longitud de la parte aérea (cm), durante los 20 días de mediciones y los datos del crecimiento de la raíz y el peso seco de las plántulas obtenidos al final del estudio.

El diseño experimental utilizado en el proceso de evaluación del estudio, fue un ANOVA de dos vías, formando un arreglo experimental de 2×3 (2 Fertilizantes X 3 Dosis). También se llevó a cabo un ANOVA de una vía para comparar cada fertilizante respecto al control. Luego de realizar el ANOVA de dos vías se efectuó la prueba de Tukey para saber entre que fertilizantes y/o dosis se presentaron diferencias significativas.

III. RESULTADOS

El tratamiento con humus en todas las concentraciones afectó negativamente a las plantas de frijol, pues ninguna de ellas creció en presencia de este biofertilizante (FH). En tanto, especialmente al inicio de las observaciones, se tuvo un efecto positivo de las diferentes concentraciones de micorriza (FM) en el crecimiento de esta planta como se observa en la figura 1.



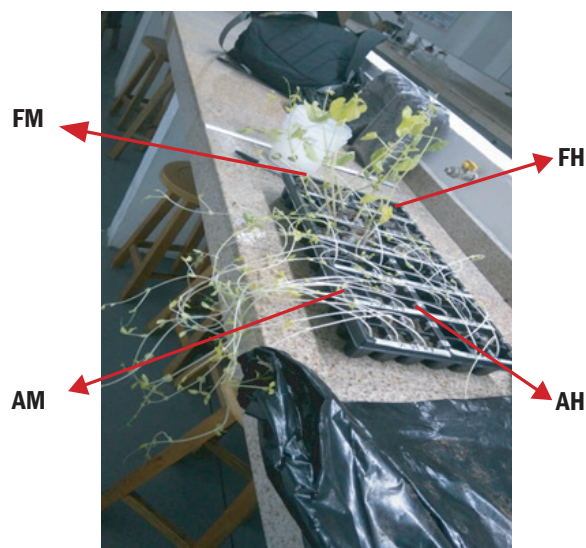
Fuente: propia

Figura 1. Crecimiento de frijol (F) y arveja (A) al inicio del experimento en presencia de diferentes concentraciones de Humus (H) y Micorriza (M)

Por otra parte, aunque no se observó un efecto tan marcado como el observado en las plantas de frijol, en la Figura 1 también es posible notar que las plantas de arveja presentan un mayor crecimiento inicial en

presencia de micorriza en relación con los tratamientos de humus líquido.

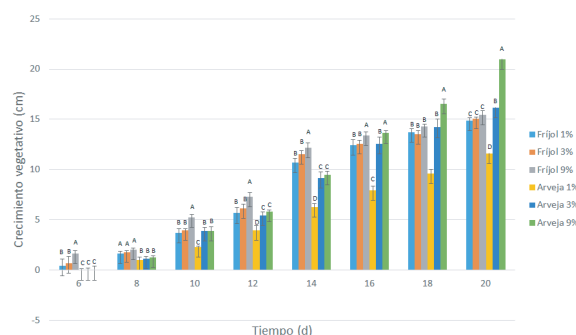
Además, aunque durante los primeros días del experimento el crecimiento de las plantas de arveja fue más lento que el del frijol, en las últimas observaciones las plantas de arveja, tanto en presencia de humus como de micorriza presentaron un mayor crecimiento en todos los casos (Figura 2).



Fuente: propia

Figura 2. Crecimiento de frijol (F) y arveja (A) al final de las observaciones del experimento en presencia de diferentes concentraciones de Humus (H) y Micorriza (M).

Esta tendencia del crecimiento de las dos especies de plantas en presencia del fertilizante Micorrizar® se puede observar en la Figura 3, en la cual es posible notar principalmente tres aspectos relevantes: en primer lugar, en los días 18 y 20 del ensayo no se observan diferencias significativas en el crecimiento del frijol en presencia de las tres concentraciones de micorriza, en tanto que, se encontraron diferencias significativas en cuanto al crecimiento de la arveja de acuerdo con la dosis de micorriza empleada (tratamiento), siendo siempre superior en las plantas de arveja que tuvieron en su sustrato de siembra la mayor dosis de micorrizas (9%). En segunda instancia, es posible notar que durante todo el tiempo del experimento, la dosis de 1% de micorriza no favoreció el crecimiento de las plantas de arveja. Finalmente, se observa que hacia el día 14 las dos especies mostraron el incremento de longitud más significativo en su la parte vegetativa, en presencia de micorrizas.



Fuente: propia

*Letras diferentes implican diferencias significativas entre los tratamientos para un tiempo determinado.

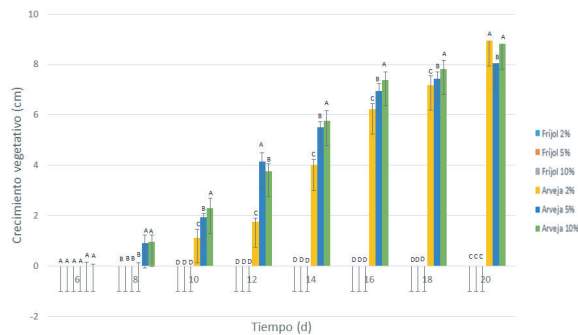
Figura 3. Crecimiento de la parte vegetativa de arveja y frijol en presencia de tres dosis diferentes de Micorriza.

Por otra parte, al evaluar el crecimiento de las dos especies vegetales en presencia de las tres dosis de humus líquido, como se mencionó previamente, se encontró un efecto negativo de este biofertilizante sobre las plantas de frijol, pues aún en concentraciones tan bajas como 1%, las semillas no germinaron. Respecto a las plantas de arveja, estas mostraron como tendencia general en el tiempo, un mayor crecimiento de su parte vegetativa cuando se encontraban en presencia de la dosis más alta de humus líquido (Figura 4), aunque para el día 20 no se vieron diferencias significativas entre 2% y 10% de humus, para esta especie.

Sin embargo, si se contrastan las longitudes de los tallos que se muestran en las figuras 3 y 4, son claras las diferencias en cuanto a los efectos de los dos biofertilizantes. Mientras que en presencia de micorrizas, el menor crecimiento de las plantas de arveja fue de 12 cm en 1%, en presencia de humus la máxima altura alcanzada por las plantas de arveja fue 9,7 cm (2%).

Lo anterior, permite afirmar que tanto las plantas de frijol como de arveja muestran un mayor crecimiento vegetativo en presencia de micorriza y se ven favorecidas por su presencia en el sustrato de germinación y crecimiento inicial.

Dicho efecto, se evidenció también al medir las raíces de las plántulas (Tabla 1). A pesar que se observó efecto significativo del largo de las raíces de frijol en presencia de micorrizas, en todas las concentraciones respecto al control; no se observa un efecto diferencial entre las concentraciones del mismo tratamiento.



Fuente: propia

*Letras diferentes implican diferencias significativas entre los tratamientos para un tiempo determinado.

Figura 4. Crecimiento de la parte vegetativa de arveja y frijol en presencia de tres dosis diferentes de humus líquido.

Por otra parte, En los tratamientos en los cuales se evaluó arveja, tanto con humus líquido como con micorrizas, se observó que a mayor concentración del fertilizante las plantas mostraban un mayor crecimiento radicular, siendo este superior en presencia de micorrizas respecto al humus líquido.

Tabla 1.

Efecto de los biofertilizantes evaluados sobre el crecimiento radicular de arveja y frijol.

Biofertilizante	Longitud de la Raíz día 20 (cm)							
	Frijol				Arveja			
	Ctr	2%	5%	10%	Ctr	2%	5%	10%
Humus	4.9 A	0 B	0 B	0 B	4.3 A	5.3 B	6.2 C	10 D
Micorriza	Ctr	1%	3%	9%	Ctr	2%	5%	10%
	4.7 A	5.2 B	5.7 B	5.4 B	4.8 A	8.6 B	9.3 C	13.2 D

Fuente: propia

*Letras diferentes implican diferencias significativas entre los tratamientos para un tiempo determinado.

Sin embargo, el efecto entre las dosis de fertilizantes no fue tan notorio al medir el peso seco de las plántulas tras 20 días de siembra (Tabla 2). Por ejemplo, en contraste a las variables de longitud evaluadas previamente, las plantas de frijol en presencia de micorriza no mostraron diferencias en cuanto a peso con relación al biofertilizante.

Las plantas de arveja tanto con humus como con micorrizas, si mostraron diferencias en peso seco al comprarlas con sus respectivos controles negativos, más no entre las dosis para cada biofertilizante.

Tabla 2.

Peso seco alcanzado por las plántulas de arveja y frijol tras 20 días de siembra, en presencia de los biofertilizantes

Biofertilizante	Peso seco (g) día 20							
	Frijol				Arveja			
	Ctr	2%	5%	10%	Ctr	2%	5%	10%
Humus	2.5 A	0 B	0 B	0 B	2.0 A	3.4 B	3.6 BC	3.8 C
Micorriza	Ctr	1%	3%	9%	Ctr	2%	5%	10%
	2.6 A	3.2 A	3.1 A	3.2 A	2.4 A	3.8 B	3.8 B	4.0 B

Fuente: propia

*Letras diferentes implican diferencias significativas entre los tratamientos para un tiempo determinado.

IV. DISCUSIÓN

El nitrógeno y el fósforo son considerados dos de los elementos que más influyen en la producción de los cultivos (Urquiaga, Bruno, Robert, & Neves, 1998). Sin embargo, la utilización de estos nutrientes en forma química está limitado fundamentalmente por su alto costo y la incompatibilidad de estos con la conservación del medio ambiente, razones por las cuales, se utilizan alternativas sustentables capaces de mantener los niveles productivos y su calidad sin dañar los agroecosistemas (González, Núñez & Barceló, 2012).

Los Biofertilizantes se desarrollaron como una alternativa al uso de fertilizantes químicos en la agricultura nacional, orientado al empleo de inoculantes a base de microorganismos (hongos, bacterias, algas, etc.) y organismos (lombrices) o las sustancias que estos producen como parte de su metabolismo normal, los cuales son benéficos para el suelo y favorecen la nutrición y desarrollo de las plantas cultivadas. En un principio el enfoque fue generar tecnologías más amigables con el medio ambiente, disminuyendo la aplicación de productos químicos; aunque actualmente otro factor clave en la implementación y uso de los biofertilizantes radica en los altos costos de fertilizantes químicos han obligado a los productores a reducir el uso de productos químicos y buscar otras alternativas de nutrición para sus cultivos.

Para el caso de este experimento, se encontró que la aplicación de micorrizas en concentraciones 1, 3 y 9% al suelo surtió efectos positivos en el crecimiento de frijol y arveja, siendo mayor el efecto de este biofertilizante en estas especies a medida que se incrementa la dosis del mismo y siendo más notorio dicho efecto en el crecimiento de la arveja, respecto al frijol.

Lo anterior se debe a que de acuerdo con la revisión realizada Guzmán-Plazola & Ferrera (1993), la mayoría

de las leguminosas son capaces de formar simbiosis con hongos tipo ectomicorrizas (micorrizas externas a la raíz) lo que les permite tener una mejor adaptabilidad a suelos con diversas condiciones dado que estos hongos ayudan a mantener una absorción efectiva de nutrientes y agua del suelo, jugando un papel importante en la captación del fósforo y otros microelementos (Azcón, 1998).

Así mismo, de acuerdo a David (Citado por Galindo, 2008), las leguminosas hortenses como aquellas que tienen vaina, requieren niveles mayores de fertilizantes, e incluso pueden requerir hasta de un 50% más de fertilizantes si son cultivos asociados (por ejemplo, maíz y frijol). Es así como la aplicación de micorrizas al suelo para estos cultivos es muy beneficiosa en términos de mejorar la nutrición vegetal, ya que la asociación micorrízica favorece la obtención de nutrientes disponibles en el suelo o sustrato de siembra sin necesidad de aplicar fertilizantes químicos. Lo anterior se soporta en el hecho de que de acuerdo a estudios realizados a fósiles vegetales han revelado que en las plantas más antiguas conocidas se presentaba la asociación planta-micorriza, debido a que los suelos primitivos debían ser muy pobres y dicha asociación permitió a las plantas la colonización de los mismos de forma exitosa (Noda, 2009).

Resultados experimentales en otros cultivos demuestran la efectividad de esta simbiosis, como los alcanzados por Hernández & Hernández (1996), quienes al inocular semillas de soya variedad G7R-315, con la mezcla de la cepa de *Rhizobium japonicum* ICA 8001 y la cepa de hongo de micorriza de la especie *Glomus clarum* sin aplicación de fertilizante, obtuvieron una influencia positiva sobre el desarrollo vegetativo que provocó un incremento considerable del rendimiento del cultivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, es posible afirmar que a pesar que los resultados relacionados con peso seco obtenidos en este experimento, no mostraran diferencias significativas entre los tratamientos, esto puede ser tomado como un efecto positivo, dado que aún en concentraciones bajas el rendimiento en peso del cultivo es mayor al control negativo, y probablemente, en evaluaciones posteriores a los 20 días, la mayor longitud radical, podría permitir una mejor absorción y búsqueda de nutrientes en el suelo. Sin embargo, el experimento fue planteado para monitorear condiciones iniciales y no cuenta con datos para afirmar que esto suceda de manera certera.

Es importante recalcar que los resultados obtenidos en este experimento se relacionan con otros obtenidos por García (2016), en diferentes regiones agrícolas del país, en los que se evaluó a nivel experimental la inoculación de semillas de diferentes cultivos agrícolas, encontrando un rendimiento 25% mayor, mejor calidad e incluso reducciones a la mitad del costo de producción por unidad de superficie, tanto en la arveja como en el frijol.

De acuerdo a Aguirre *et al.*, (s.f), investigadores del Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de México, se pueden biofertilizar con micorrizas directamente las semillas de cultivos de alto consumo como maíz, frijol, soya, sorgo, café, cítricos, mango, entre otros, pues se han visto incrementos significativos en cultivos micorrizados de frijol de alrededor del 22.1%, cebada (20,8%) y maíz (11,5%), por solo mencionar algunos.

El manejo de los biofertilizantes además, no es dispendioso ni requiere de mayores cuidados, aunque se realizan algunas recomendaciones al respecto como verificar la fecha de caducidad, almacenarlos en un lugar fresco y seco donde no se encuentre expuesto de forma directa a los rayos del sol (Aguirre *et al.*, s.f).

Teniendo en cuenta, que todos los parámetros monitoreados durante el estudio (largo del tallo, largo de la raíz y peso seco), mostraron diferencias significativas respecto a sus controles negativos para las dos plantas evaluadas en presencia de micorrizas, se considera que este biofertilizante puede ser empleado en huertas urbanas para favorecer la germinación y el crecimiento inicial de las dos especies.

V. CONCLUSIONES

- El biofertilizante que mostró los mejores resultados en cuanto a crecimiento tanto de arveja como de frijol fue micorriza, en una dosis de 9%, aunque la dosis de 3% también puede ser empleada en estos cultivos exitosamente.
- No se recomienda la aplicación de humus líquido en el cultivo de frijol, durante su etapa de germinación y crecimiento inicial, en concentraciones iguales o superiores al 2%, pues bajo las condiciones del experimento no permitió la germinación de esta especie, en tanto que no afectó negativamente a las plantas de arveja.

- Es importante la realización de ensayos en laboratorio que permitan a los estudiantes comprender la importancia de un diseño de experimentos adecuado y pertinente para evaluar el efecto de diversas variables así como la importancia de la biofertilización como herramienta de estudio en biotecnología verde y su aplicación en procesos de sostenibilidad y responsabilidad social que los involucre como parte activa y propositiva de una comunidad con conciencia del impacto ambiental generado que busca soluciones al mismo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Horizonte por permitir y garantizar espacios académicos y físicos destinados para dar lugar a este proyecto de investigación.

Así mismo, resaltan el apoyo del profesor Jairo Cuervo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo brindado en cuanto a recursos físicos e insumos para la culminación exitosa de este proyecto.

REFERENCIAS

- Aguirre, J.F., Irizar, M.B., Peña, Á., Durán, A., Grajeda, O.A., & Cruz, F.J. (s.f). *Micorriza Inifap®. Biofertilizante para la agricultura mejor nutrición mayor crecimiento de raíz*. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP): México. Recuperado de <http://www.inifap-nortecentro.gob.mx/files/noticias/micorriza.pdf>
- Arias, J.H., Renjifo, T. & Jaramillo, M. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas (BPM) en la producción de frijol voluble*. Medellín, Colombia: Food Agricultural Organization.
- Azcón, R. (1998). *Significado de la simbiosis Rhizobium-hongo formador de la micorrizas en el desarrollo vegetal y su aplicabilidad en una agricultura sostenible*. XIX Reunión Latinoamericana de Rhizobiología. Memorias. Maturín-Monagas, Venezuela, 122-123 pp.
- Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (s.f). *Manejo agronómico del frijol. Cartilla. 1*. Recuperado de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/MANEJO_AGRONOMICO_DE_FRIJOL-CARTILLA_1-004.pdf
- Cocoon. (s.f). *Humus líquido de lombriz*. Ficha técnica. Recuperado de <http://cocoonhumus.com/wp-content/uploads/2015/08/Ficha-Tecnica-Cocoonhumus-Humus-Liquido.pdf>
- Cortes, J. (2016). *Más de 300 huertas familiares y comunitarias funcionan en Bogotá*. Alcaldía mayor de Bogotá. Recuperado de <http://www.bogota.gov.co/article/temas-de-ciudad/ambiente/desarrollo-economico/300-huertas-familiares-funcionan-en-bogota>
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2015). *El cultivo de la arveja en Colombia. Boletín mensual Insumos y Factores asociados a la producción agropecuaria*. Número 33. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA - cuadros de salida ENA, 2013*. Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria>
- Galindo, P. (2008). *Comparación de efecto de inoculación con micorrizas vesículo-arbusculares nativas y comerciales en plantas de frijol (Vigna unguiculata (L.) WALP)* (Tesis de Maestría). Universidad de Zulia, República bolivariana de Venezuela.
- García, L.A. (2015). Evaluación del antagonismo de cepas de *Trichoderma spp.* frente a cepas de *Fusarium spp* y *Colletotrichum spp* aisladas de cultivos orgánicos de sábila (*Aloe vera*) y Arándano (*Vaccinium corimbosum*). *Revista TECKNE*. 13(1):55-66
- García, L.A. (2016). Laboratorio de biotecnología. Práctica No. 1. *Comparación Del Efecto De Dos Biofertilizantes Sobre El Crecimiento De Maíz (Zea Mays) Y Frijol (Phaseolus Vulgaris)*. Fundación universitaria Horizonte, Colombia.
- González, R.L., Núñez, D.B. & Barceló, R. (2012). Efecto de la aplicación de *Rhizobium* y Mycorriza en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) variedad CC-25-9 negro. *Centro Agrícola*, 39(4): 17-20
- Guzmán-Plazola, R.A. & Ferrera, R. (1993). *La endomicorriza vesículo arbuscular en las leguminosas*, 14 – 23 pp.
- Hernández, A. & Hernández, A.N. (1996). Efecto de la interacción *Rhizobium*-MA en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L.). *Cultivos Tropicales*, 17(1): 5-7

- Leandro, A.V. (2013). *La agricultura urbana en Bogotá: como llegar a obtener un modelo de negocio* (Tesis de pregrado). Universidad Escuela de Administración, Finanzas y Ciencias Económicas, Colombia.
- Manual de Lombricultura. (2010). Recuperado de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/22388.html>
- Navarrete, M.A. (2016). *Tres huertas urbanas en Bogotá, la gran ciudad siembra*. *Revista del Goethe –Institut Kolumbien*. Recuperado de <https://www.goethe.de/ins/co/es/kul/mag/20872601.html>
- Noda, Y. (2009). Las micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y forrajes*. 32(2). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000200001
- Reyes, C.R. (2014, 21 de enero). *Micorrizas, aliados de la fertilización*. *Panorama agropecuario*. Recuperado de <http://panorama-agro.com/?p=887>
- Trujillo, A. (2010). Uso de biofertilizantes para mejorar la rentabilidad del cultivo de maíz, bajo condiciones de temporal, en el estado de Morelos. *Fertilización y economía*. México. 582-589 p
- Urquiaga, S., Bruno, J.R., Robert, M. & Neves, M.P. (1998). *Importancia del papel de la FBN en el desarrollo agrícola de América Latina y El Caribe*. XIX Reunión Latinoamericana de Rhizobiología. Memorias. Maturín-Monagas, Venezuela, 50-59 pp. .

Luisa Alejandra García Galindo. Bióloga y microbióloga Industrial con Maestría en Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como docente e investigadora de la Fundación Universitaria Horizonte y la Universidad Militar Nueva Granada, en Bogotá; así como asesora en investigación y desarrollo de la empresa Agrobiológicos Planta S.A.S. en Villavicencio, Meta. (*e-mail: garcia_luisa@unihorizonte.edu.co*).

Recibido el 21 de Septiembre de 2016.

Aceptado el 30 de Octubre de 2016.

Publicado el 15 de Diciembre de 2016.

Citar este artículo como:

Rojas-Peña, B.Y., Rueda-Ruiz, J., Barreno-Romero, E.R. & García-Galindo, L.A. (2016). Comparación del efecto de dos biofertilizantes sobre la germinación y el crecimiento inicial de arveja (*Pisum sativum*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Revista TECKNE*, 14(2), 8-17

AUTORES

Billy Yilmar Rojas Peña. Estudiante del Técnico profesional en procesos ambientales de la Fundación Universitaria Horizonte (*e-mail: brpyilmar707@gmail.com*).

Jhonatan Rueda Ruiz. Estudiante del Técnico profesional en procesos ambientales de la Fundación Universitaria Horizonte (*e-mail: ruedaruizjhonathan@gmail.com*).

Edinson Rafael Barreno Romero. Estudiante del Técnico profesional en procesos ambientales de la Fundación Universitaria Horizonte (*e-mail: rafico8829@gmail.com*).