

Efecto de la gallinaza sobre *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* y hongos micorrízicos arbusculares en un cultivo de cebolla (*Allium fistulosum*) *

Sandra Patricia Montenegro-Gómez

Doctora en Ciencias- Área Concentración: Microbiología Agrícola, Universidad de Sao Paulo, Campus: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Magíster en Ciencias Agrarias-Enfasis en Suelos, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. Centro de Investigación de Agricultura y Biotecnología-CIAB. Dosquebradas. Risaralda, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. sandra.montenegro@unad.edu.co  <https://orcid.org/0000-0003-0035-0089>

Susana Gómez-Posada

Magíster en Ciencias Agrarias- Enfasis en Suelos, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. susygoomezp@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-0088-8615>

Silvia Eugenia Barrera-Berdugo

Magíster y Doctora en Ciencias- Área Concentración: Suelos y Nutrición de Plantas, Universidad de Sao Paulo, Campus: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Grupo de Investigación en Ecofisiología y Metabolismo Vegetal (GIEFIVET), Universidad Industrial de Santander - UIS- Bucaramanga, Colombia. silviaebarrera@ciencias.uis.edu.co  <https://orcid.org/0000-0001-6834-3585>

RESUMEN

La gallinaza fresca, debido a su rápida disponibilidad está siendo ampliamente utilizada como fuente exclusiva de nutrientes, especialmente nitrógeno (N), en el cultivo de cebolla (*Allium fistulosum*), sin embargo, problemas de toxicidad por sales y acumulación de metales pesados en plantas han sido detectados. El objetivo de este trabajo fue estimar el efecto de la gallinaza fresca y compostada sobre las bacterias *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.*, así como en el número de esporas de hongos micorrízicos arbusculares (HMA), en el cultivo de cebolla. En el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y tres réplicas a partir de requerimientos en fertilización del cultivo y el análisis de suelos. Los tratamientos fueron: T1-Gallinaza fresca + Fertilizante foliar líquido quelatado-(14 Ton/ha=400 gr/sitio gallinaza fresca + complejo biofertilizante a base de N, P y aminoácidos-1 L/ha.), T2-Gallinaza compostada + Fertilizante foliar líquido quelatado-14 Ton/ha=400 gr/sitio gallinaza fresca + (complejo biofertilizante a base de N, P y aminoácidos-1 L/ha.), T3-Fertilizante de síntesis química: fertirrigación con complejo de fertilizante 20-20-20 + elementos menores (10 g/sitio=350 kg/ha) y T4-Fertilizante de síntesis química: Aplicación en el suelo con complejo de fertilizante 20-20-20+elementos menores (20 g/sitio=700 kg/ha.). Los resultados obtenidos indican que la gallinaza cruda tiene un impacto positivo en el rendimiento del cultivo de cebolla y la esporulación de HMA (91 esporas por gamo de solo), un efecto negativo en *Azotobacter sp.* con mejor desarrollo en la gallinaza compostada ($1,0 \times 10^7$ UFC) y en *Azospirillum sp.* sin respuesta relevante, sin embargo fue más abundante que *Azotobacter sp.* en cada uno de los tratamientos.

PALABRAS CLAVE

Gallinaza, compost, *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.*, Hongos Micorrízicos Arbusculares, *Allium fistulosum*

Recibido: 20/05/2017 Aceptado: 25/06/2017

* <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n2.26232>

Este es un artículo Open Access bajo la licencia BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Cómo citar este artículo: MONTENEGRO-GÓMEZ, Sandra Patricia; GÓMEZ-POSADA, Susana; BARRERA-BERDUGO, Silvia Eugenia. Efecto de la gallinaza sobre *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* y hongos micorrízicos arbusculares en un cultivo de cebolla (*Allium fistulosum*). En: Entramado, Julio - Diciembre, 2017, vol. 13, no. 2, p. 250-257 <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n2.26232>

Effect of poultry manure on *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* and arbuscular mycorrhizal fungi in onion culture (*A. fistulosum*)

ABSTRACT

Poultry manure application is highly used as exclusive nutrient sources, especially N, in onion culture (*A. fistulosum*). However, there has been detected toxicity problems by salts and heavy metals in plants. The aim of this study was to estimate the effect of fresh poultry manure and composted on *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The treatments were performed under completely randomized design with 4 treatments and 3 replications according to fertilization requirements and soil analysis. Treatments were formed as follows: T1-Poultry manure + Foliar liquid fertilizer quelated-14 ton.ha⁻¹=400 gr:site⁻¹ poultry manure + complex biofertilizer of N, P and aminoacids-1 L.ha⁻¹, T2-Composted poultry manure + Foliar liquid fertilizer quelated-14 ton.ha⁻¹=400 gr:site⁻¹ poultry manure + complex biofertilizer of N, P and aminoacids-1 L.ha⁻¹, T3-Chemical fertilizer: fertirrigation with complex biofertilizer 20-20-20 + minor elements (10 gr:site⁻¹ =350 kg ha⁻¹) and T4-Chemical fertilizer: Application in the soil with complex biofertilizer 20-20-20 + minor elements (20 kg ha⁻¹=700 kg ha⁻¹). We observed that onion culture and AMF spores (91 spores by 1g soil) have a significant respond to poultry manure. *Azotobacter sp.* was negatively affected by poultry manure but positively influenced by composted poultry manure (1.0 x10⁷ CFU). We no observed a relevant respond of *Azospirillum sp.*, although, it was more abundant than *Azotobacter sp.* in all treatments.

KEYWORDS

Poultry manure, compost. *Azotobacter sp.* and *Azospirillum sp.*, Arbuscular mycorrhizal fungi, *Allium fistulosum*

Efeito do esterco de galinha fresco sobre *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da cebola (*A. fistulosum*)

RESUMO

O esterco de galinha fresco, pela sua rápida disponibilidade é utilizada como fornecedor de nutrientes, especialmente N, na cultura da cebola (*A. fistulosum*). No entanto, problemas de toxicidade por sais e acumulação de metais pesados em plantas tem sido detectado. O objetivo deste trabalho foi estimar o efeito do esterco de galinha fresco e decomposto sobre as bactérias *Azotobacter sp.* e *Azospirillum sp.* e o número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) na cultura da cebola. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro tratamento e três repetições, segundo os requerimentos nutricionais da cultura e a análise de solo. Os tratamentos foram os seguintes: T1-Cama aviária fresca + fertilizante foliar líquido quelatado- (14 Ton/ha=400 gr/local-cama aviária fresca + complexo biofertilizante baseado em N, P y aminoácidos-1 L/ha.), T2-Cama aviária + fertilizante foliar líquido quelatado-14 Ton/ha=400 gr/local-Cama aviária + (complexo biofertilizante baseado em N, P y aminoácidos-1 L/ha.), T3-Fertilizante de síntese química: fertirrigação com complexo de fertilizante 20-20-20 + elementos menores (10 g/local=350 kg/ha) y T4-Fertilizante de síntese química: Aplicação no solo com complexo de fertilizante 20-20-20 + elementos menores (20 g/local=700 kg/ha.). Os resultados aqui obtidos mostram efeito positivo do esterco de galinha no rendimento da cultura da cebola e da esporulação dos HMA (91 esporos por gama de solo), efeito negativo em *Azotobacter sp.*, se desenvolvendo melhor no esterco de galinha decomposta (1,0 x10⁷ UFC) e sem resposta relevante em *Azospirillum sp.*, embora tenha sido mais abundante do que *Azotobacter sp.* em todos os tratamentos.

PALAVRAS-CHAVE

Esterco de galinha, composto. *Azotobacter sp.* e *Azospirillum sp.*, fungos micorrízicos arbusculares, *Allium fistulosum*.

Introducción

La cebolla (*Allium fistulosum*) llamada cebolla rama o junca en Colombia, ocupa un renglón importante en la producción agrícola del departamento de Risaralda y contribuye en el tercer renglón de productividad a nivel nacional superado por Boyacá y Nariño (DANE, 2014.). El principal requerimiento nutricional de *A. fistulosum* es el N. Entre las fuentes de este elemento, la gallinaza fresca se caracteriza por su rápida disponibilidad y aunque varía el contenido de

este elemento de una gallinaza a otra se habla de un rango entre 1,0 a 3,5% en peso seco de N, 0,4 a 4,5% de P como P₂O₅ y 0,2 a 2,9% de K como K₂O (ICA). Es así como los agricultores de la región han adoptado la aplicación de estos residuos como fuente exclusiva de este nutriente sin medir consecuencias a corto, mediano o largo plazo. Varios problemas por la aplicación de estiércol, han sido detectados incluyendo toxicidad por sales, acumulación de metales traza en las plantas (Meek 1974, Delgado et al., 2014) y transmisión al suelo y al agua de virus y bacterias que

causan enfermedades en animales y al hombre (ICA), representando un riesgo para la salud de los consumidores (Diaz *et al.*, 2003, Delgado *et al.*, 2014) Un indicador de respuesta sobre el efecto de estos residuos es la presencia microbiana, la cual reacciona rápidamente ante cambios del entorno ambiental.

Entre los microorganismos más estudiados en ambientes de producción agrícola están las bacterias fijadoras de nitrógeno (diazotróficas) heterótrofas de los géneros *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.* y HMA, principalmente asociados a la captura y disponibilidad de N (Johansen *et al.*, 1993) y P (Valadares *et al.*, 2016) para las plantas, respectivamente. Las bacterias diazotróficas, también se asocian a la producción de sustancias promotoras de crecimiento (Ahemad & Kibret, 2014), estas sustancias además de facilitar la adquisición de nutrientes o modular niveles hormonales en las plantas, actúan como biocontrol inhibiendo el desarrollo de agentes patógenos (Glick, 2012). Los géneros *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.* predominan en suelos con pH cercano a la neutralidad. Cuando el pH es < 5 *Azospirillum sp.* se encuentra en forma esporádica y en suelos con pH < 4.5 no se logra su aislamiento (Caballero, sf). Por su parte *Azotobacter sp.* es un género altamente sensible a la acidez y aunque es capaz de sobrevivir a pH entre 4.5 - 9.0 (Gül, 2003), su óptimo desarrollo lo consigue a pH entre 6.5 - 7.5. En suelos con pH < 6.0 generalmente es ausente o posee muy pocos miembros (Balandreau, 1986; Cardona & Sánchez, 1998; Ei-Lattief Essam A. Abd, 2016). *Azotobacter sp.* a pesar de ser de vida libre, se desarrolla mejor alrededor de la rizosfera. Döbereiner (1966) indica que la especificidad de este género con la rizosfera de una planta es más íntima que en otras bacterias diazotróficas, por lo tanto su abundancia está relacionada con la especie de planta asociada (Sariv & Ragoviv, 1963). *Azospirillum sp.* es más versátil y tiene la capacidad de adherirse a las raíces de diversas gramíneas

y a otras familias de plantas incluyendo algodón y tomate (Caballero, Sf; Levanony & Bashan, 1991). Por su parte, la distribución de hongos micorrízicos en el suelo puede ser afectada directamente por la humedad, materia orgánica y pH, donde una buena esporulación de HMA ocurre a pH entre 5 y 8 (Siqueira, 1989). Sin embargo, el conocimiento del papel de las condiciones edáficas y climáticas en su establecimiento y efectividad aún es limitado (Serralde & Ramírez, 2004; Montaña, 2007).

Varios estudios han reportado la presencia de *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* y HMA asociados a la rizosfera de cebolla y el efecto positivo en el desarrollo de la planta (Pulido & Cabrera, 2003; Agudelo & Casierra, 2004; Nemat *et al.*, 2011), por lo tanto para estimar el efecto microbiológico de la gallinaza fresca y compostada sobre el cultivo de cebolla (*A. fistulosum*) se cuantificaron unidades formadoras de colonias (UFC) de los géneros *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.*, así como también el número de esporas de HMA.

I. Materiales y métodos

Área de muestreo. El trabajo tuvo lugar en el departamento de Risaralda, Municipio de Pereira, vereda La Bella a una altura de 1840 m.s.n.m., con temperatura promedio de 18 °C, precipitación anual de 2600 mm y humedad relativa de 90%. El material genético utilizado en las evaluaciones fue la variedad de cebolla de rama “La Pereirana”, la cual ocupa un 48% del área cultivada en cebolla de la zona y que ha mostrado una amplia adaptación a las condiciones locales (Polanco & Gómez, 2017).

En el experimento se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos (Tabla I) a partir de requerimientos en fertilización del cultivo y el análisis de suelos (Tabla 2)

Tabla I.
Tratamientos con incorporación de gallinaza en cultivo de cebolla (*A. fistulosum*)

Tratamiento	Composición de cada tratamiento
T1	Gallinaza fresca + Fertilizante foliar líquido quelatado -14 Ton/ha = 400 gr/sitio gallinaza fresca + (complejo biofertilizante a base de nitrógeno, fósforo y aminoácidos -1 L/ha.)
T2	Gallinaza compostada + Fertilizante foliar líquido quelatado-14 Ton/ha = 400 gr/sitio gallinaza fresca + (complejo biofertilizante a base de nitrógeno, fósforo y aminoácidos -1 L/ha.)
T3	Fertilizante de síntesis química: fertirrigación con complejo de fertilizante 20 - 20 - 20 + elementos menores (10 g/sitio= 350 kg/ha)
T4	Fertilizante de síntesis química: Aplicación en el suelo con complejo de fertilizante 20 - 20 - 20 + elementos menores (20 g/sitio = 700 kg/ha.)

Fuente: Las Autoras

Tabla 2.

Propiedades químicas de suelo cultivado con cebolla (*Allium fistulosum*) en vereda La Bella, Risaralda, Colombia

pH	N	M.O	K	Ca	Mg	P	Fe	B	S	Cu	Zn	Mn
	%		meq/100 g suelo			ppm						
5,8	0,42	10,6	0,50	7,3	1,6	51	190	0,04	5	19	27	15

Fuente: Las Autoras

Recuento bacteriano. Fueron tomadas muestras de suelo rizosférico, que fue diluido en serie hasta 10^{-7} y se inocularon por triplicado 100 μ L en medio de cultivo Ashby para el género *Azotobacter sp.* y FBN para el género *Azospirillum sp.* Los resultados se expresan en UFC después de 24 horas de incubación (Döbereiner et al., 1995).

Extracción y cuantificación de esporas de HMA. Se tomaron 10g de suelo rizosférico por triplicado. Las esporas fueron separadas mediante tamizado en húmedo y gradiente de sacarosa al 50% (peso/volumen) para establecer la densidad de esporas por gramo de suelo según la metodología sugerida por Gerdemann & Nicolson (1963).

Análisis estadístico. A los resultados obtenidos se les realizó análisis de varianza y pruebas de comparación de medias.

2. Resultados y discusión

El suelo estudiado es de textura franca, pH moderadamente ácido, niveles altos de materia orgánica, P, K y Ca, Cu, Zn y Mn (Tabla 2). La textura, materia orgánica y pH son propicios para el cultivo de cebolla que requiere suelos sueltos ricos en materia orgánica y pH entre 5,7 y 7,4 (ICA y CORPOICA, 1996). Los generos *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.* predominan en suelos con pH cercano a la neutralidad. El pH del suelo en este estudio fue de 5,8 beneficiando la presencia de *Azospirillum sp.*, en concordancia con el estudio realizado por New & Kenedy (1989) en suelos con pH entre 3,3 y 7,2 donde los resultados indicaron mayor abundancia de este género en suelos con pH en un rango entre 5,6 – 6,7. *Azotobacter sp.* reflejó su sensibilidad a la acidez con menor presencia concordando con Balandreau, 1986; Cardona & Sánchez, 1998; Ei-Lattief Essam A. Abd, 2016 quienes indican que en suelos con pH < 6.0 generalmente este grupo bacteriano es ausente o posee muy pocos miembros.

La acidez del suelo ejerce poco efecto sobre la sobrevivencia de las esporas de HMA (Alvarado et al., 2004), sin embargo un ligero aumento en el pH favorece la esporulación de los hongos micorrízicos (Peña et al., 2007). El número de esporas de este estudio que estuvo entre 44 y 91 por

gramo de suelo obtenidas en los tratamientos T4 y T1 respectivamente, no indica efectos negativo por influencia de pH ya que los resultados son similares a los encontrados en cultivos de cebolla con alta producción (Pagano & Fantini 2009; Peña et al., Sf.).

Recuento de *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.* y Hongos Micorrizicos Arbusculares

De modo general, *Azospirillum sp.* fue más abundante que *Azotobacter sp.* en cada uno de los tratamientos (Figura 1A). El recuento bacteriano reflejó mayor presencia de *Azospirillum sp.* ($2,0 \times 10^9$ UFC) en el tratamiento con fertilización de síntesis química (T4) y menor en T2 (gallinaza compostada) con $5,0 \times 10^7$. Al comparar con estudios similares la densidad es alta (Pulido et al., 2003; Mujiyati, 2009). Este grupo bacteriano se caracteriza por ser de alta motilidad y poseer metabolismo versátil para la obtención de fuentes de C y N, contribuyéndole adaptación para establecerse en el entorno competitivo de la rizosfera y cambios rápidos en las condiciones ambientales (Hartmann & Zimmer, 1994). *Azotobacter sp.* presentó mayor presencia en T2 con $1,0 \times 10^7$ UFC y la densidad más baja $2,0 \times 10^5$ en T4, contrario a lo observado en *Azospirillum sp.* (Figura 1A). A pesar de la diferencia entre tratamientos se considera una densidad poblacional alta considerando estudios reportados por Martyniuk & Martyniuk, (2002) y Córdova et al., (2009), quienes indican que este género rara vez excede varias miles de células por gramo de suelo, principalmente en suelos de regiones tropicales donde no es común encontrar cifras mayores de 103 UFC. Cassetari et al., (2016) en el trabajo sobre fijación biológica de nitrógeno asociativa y de vida libre, enfatiza sobre la gran diversidad funcional de *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.* y su potencial como bioindicadores en alteraciones ambientales.

HMA presentó mayor densidad de esporas por gramo de suelo en T1 con 91 unidades. Este resultado podría estar asociado a los altos contenidos de materia orgánica de la gallinaza (Estrada, 2005), siendo esto ya demostrado en el establecimiento de HMA, de acuerdo al estudio realizado en los Llanos Orientales, durante cinco años consecutivos, donde se evaluaron poblaciones nativas de HMA asociados a maíz, analizando su comportamiento bajo distin-

tos tratamientos incluyendo gallinaza Serralde & Ramírez (2004). En este estudio también se hace referencia sobre el efecto inverso de altas tasas de mineralización sobre la presencia de HMA, lo cual podría explicar la menor densidad de esporas en gallinaza compostada encontradas en el presente estudio en comparación a gallinaza cruda (Figura 1B). El tratamiento de fertirrigación con 85 esporas por gramo de suelo también favoreció los HMA, sugiriendo que el componente hídrico desempeña un papel importante en este proceso, tal como ha sido reportado por (Lara, 1987, Montaña *et al.*, 2007) a partir de resultados en el Altiplano

mexicano Potosino-Zacatecano, donde se ha denotado que la variación de la capacidad de esporulación de los hongos, no sólo depende del hospedante al que los HMA se encuentran asociados sino también por la presencia de lluvias o períodos de sequía. En otro estudio en Zapotitlán de las Salinas, Puebla llevado a cabo por Reyes, (2000) el autor indica que pesar de que la esporulación fue ligeramente mayor en la época de lluvia, ésta no fue estadísticamente diferente a la cuantificada en época de secano, lo cual sugiere que a pesar del componente hídrico desempeña un papel importante en la esporulación, su dinámica es muy variable

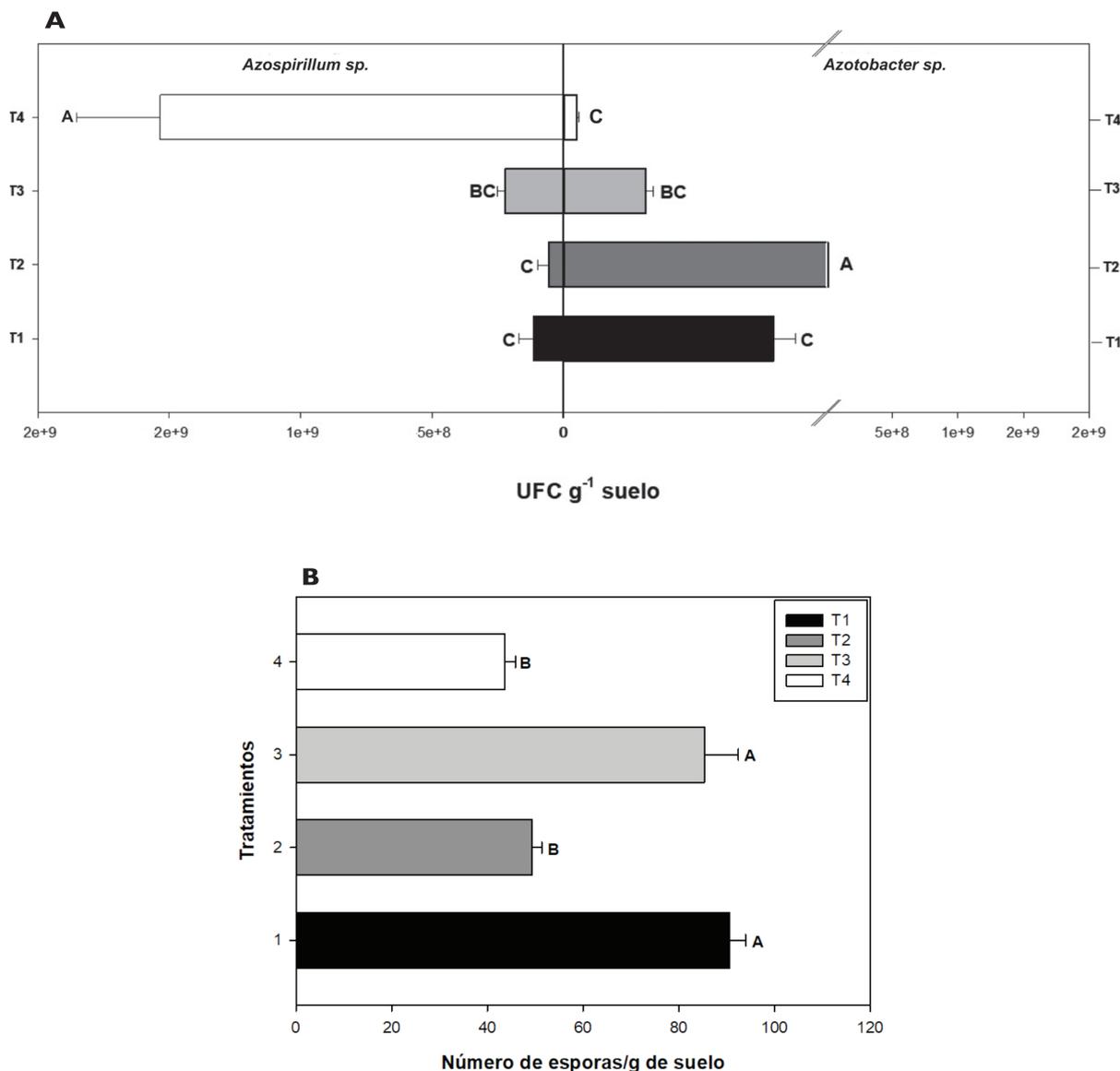


Figura 1A y B. Recuento de *Azospirillum sp.* y *Azotobacter sp.* (A) y Hongos Micorrizicos Arbusculares (B) en suelo cultivado con cebolla (*A. fistulosum*) bajo influencia de gallinaza, en la vereda La Bella, Risaralda, Colombia. Letras iguales no difieren significativamente (Test de Tuckey).

Fuente: Las Autoras.

y debe asociarse con otros factores del entorno edáfico y probablemente la especie de micorriza debido a sus diversas estructuras de adaptación, ya que las condiciones edáficas modelan la composición de las poblaciones de HMA dentro de las cuales el pH del suelo y los contenidos de materia orgánica pueden ser empleados como indicadores del comportamiento de los HMA (Serralde & Ramírez, 2004).

Productividad del cultivo y densidad microbiana

En este estudio se confirma la versatilidad de *Azospirillum sp.*, abundante en todos los tratamientos. Los resultados de mayor productividad con gallinaza cruda y fertirriego no tuvieron la misma tendencia que la densidad de *Azospirillum sp.* y *Azotobacter sp.* (Figura 1A), es probable que *Azotobacter sp.*, entre otros factores se afecte por composición de la gallinaza la cual contiene Cu (Williams, 2013), elemento tóxico para estas bacterias incluso en muy bajas concentraciones (Gül (2003). Aumento en la producción de biomasa de la planta ha sido observado cuando se fertiliza conjuntamente con gallinaza fresca y bacterias del género *Azospirillum sp.*, en *Brachiaria* (Parreira et al., 2015). Por su parte la densidad de esporas de HMA presentó una tendencia similar a la productividad del cultivo siendo mayor en T1 y T3, no obstante no se podría establecer si la planta fue beneficiada por la esporulación o viceversa, ya que las plantas pueden acceder al agua y a los nutrientes a través de sus propios sistemas radiculares, en lugar de hacerlo vía HMA, y la asociación planta-HMA requiere una parte significativa de la energía fijada por el huésped (Jakobsen, Smith & Smith, 2002; Fajardo, 2015). Los resultados podrían estar asociados a la alta susceptibilidad de la cebolla a ser colonizada por HMA (Tawaraya et al., 2001, Roman, 2003).

De otra parte, los exudados liberados a través de la raíz de la cebolla podrían haber influido en la germinación de las esporas, ya que este proceso requiere en muchos casos del estímulo de exudados radiculares (Daniels, 1984). Un efecto combinado entre *Azospirillum sp.*, HMA y aplicación de gallinaza fue observado en plantas de sésamo donde ocurrió un aumento en la población de *Azospirillum sp.*, en el número de esporas de HMA, así como en el contenido de N, P, y K y algunos parámetros de crecimiento de la planta (Abdullahi et al., 2013).

Lo que sí está reflejado en este estudio es que la gallinaza cruda no afecta negativamente los HMA como si ocurre con *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.* Los resultados podrían estar asociados a la dependencia micorrízica de la cebolla tal como indican Tawaraka et al., (2001) y Pagano et al., (2009) en un estudio realizado en suelos brasileños donde se encontró alta esporulación de HMA en asociación con cebolla al compararla con un cultivo de lechuga.

Perspectivas del uso de gallinaza como fertilizante en el cultivo de cebolla.

Los resultados del presente estudio basados en ton/ha indicaron mayor productividad de cebolla con gallinaza fresca, seguida de fertirrigación, gallinaza compostada y fertilización de síntesis química. La presencia de los microorganismos estudiados en relación al rendimiento del cultivo indican un favorecimiento del uso de gallinaza en presencia de esporas de HMA, por su parte la prospección del establecimiento de *Azotobacter sp.* y *Azospirillum sp.*, podría basarse en el replanteamiento del uso de gallinaza cruda hacia la compostación, esto con la expectativa de mitigar sus efectos ambientales y aprovechar mejor sus propiedades nutricionales. Adicionalmente y en concordancia con Patiño y Sanclemente, (2014) es importante considerar la ecología microbiana rizosférica de las plantas estudiadas.

3. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que la gallinaza cruda tiene un impacto positivo en el rendimiento del cultivo de cebolla y la esporulación de HMA, un efecto negativo en *Azotobacter sp.* con mejor desarrollo en la gallinaza compostada y en *Azospirillum sp.* sin respuesta relevante. El presente estudio aporta información sobre los efectos potenciales que la gallinaza puede generar en la diversidad y actividad microbiana del suelo y por ende su papel dentro del equilibrio y sustentabilidad del mismo. Sin embargo se hace necesario reforzar el presente planteamiento con futuros estudios con diversas comunidades microbianas y metodologías de mayor robustez.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Doctor Manuel Francisco Polanco de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, quien apoyó en la colecta de las muestras y resultados previos a la presente investigación

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias bibliográficas

1. ABDULLAHI, R.; SHERIFF, H.; LIHAN, S. Combine effect of bio-fertilizer and poultry manure on growth, nutrients uptake and microbial population associated with sesame (*Sesamum indicum* L) in North-eastern Nigeria. In: Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology, Septiembre-octubre, 2013. Vol. 5, no 5, p. 60-65.

2. ALVARADO, Alfredo; CHAVARRÍA, Marena; GUERRERO, Ronald; BONICHE, Jimmy; NAVARRO, Juan R. Características edáficas y presencia de micorrizas en plantaciones de teca (*Tectona grandis* Lf) en Costa Rica. *En: Agronomía Costarricense*, enero-junio, 2004. vol 28, no 1, p. 89-100
3. AGUDELO BECERRA, Maritza Yolima; CASIERRA-POSADA, Fanor. Efecto de la micorriza y gallinaza sobre la producción y la calidad de cebolla cabezona (*Allium cepa* L. 'Yellow Granex') *En: Revista Facultad Nacional de Agronomía*. 2004. Vol 57, no 1, p. 2189-2202. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914072004>
4. BALANDREAU, J. Ecological factors and adaptive processes in N₂-fixing bacterial populations of the plant environment. *In: Skinner F.A., Uomala P. (eds) Nitrogen Fixation with Non-Legumes. In: Developments in Plant and Soil Sciences*, Springer, Dordrecht 1986. Vol 21 no (), p 73-92.
5. CABALLERO-M., J. El género *Azospirillum* en: *Microbios*. Capítulo 10. (sf). ISBN 968-36-8879-9. Disponible en: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap10/>
6. CARDONA M., Sigifredo; SÁNCHEZ DE PRAGER, Marina. Bacterias de vida libre fijadoras de N₂ en dos suelos del Valle del Cauca. *En: Acta Agronómica*, July 1998. v. 48, n. 3-4, p. 43-54. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/48011
7. CASSETARI, Alice; MONTENEGRO G., Sandra; PINHEIRO, Da Silva, M.. Fixação biológica de nitrogênio associativa e de vida livre en: *Microbiologia do solo*, 2016. ed: Universidad De Sao Paulo, v. , p.134 - 147
8. CORDOVA-BAUTISTA, Y *et al.* Detección de bacterias benéficas en suelo con banano (*Musa AAA Simmonds*) cultivar 'Gran enano' y su potencial para integrar un biofertilizante. *Universidad y ciencia*. 2009. vol. 25, no 3 p. 253-265. Disponible en: file://localhost/http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000300007&lng=es&nrm=iso. ISSN 0186-2979
9. DANE. Estadísticas agropecuarias. Encuesta Nacional Agropecuaria. 2014. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/enda/ena/2014/presentacion_ena_2014.pdf
10. DANIELS, B.A. Ecology of VA mycorrhizal fungi. *In: VA mycorrhiza*, 1984 (Ed). C.L. Powel y D.J. Bagyaraj, CRC Press., pp. 35-55.
11. DELGADO, A.M.; MIALLES, H.R.; Peralla, F.A.; ALMESTRE, R.C. Heavy metal concentration in soil, plant, earth worm and leachate from poultry manure applied to agricultural land in Spain. *In: Rev int. contam. Ambio*. 2014. vol 30, no 1, p. 45 - 50.
12. DIAZ-BARRIENTOS, E.; MADRID, C.; MAQUEDA, C.; MURILLO, E.; RUIZ, CORTÉS, D.; BASALLOTE, E.; CARRILLO, M. Copper and zinc retention by an organically amended soil. *In: Chemosphere*. 2003. Vol 50, no 1, p. 911-917.
13. DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.; BALDANI, J.I. Como isolar e identificar bacterias diazotróficas de plantas ñao leguminosas. 1995. p. 12-28.
14. EI-LATTIEF, E.A. Use of *Azospirillum* and *Azobacter* bacteria as biofertilizers in cereal crops: A review. *In: International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences (IJREAS)*. 2016. V. 61 no 7, p.36-44. Disponible en: <http://euroasiapub.org/journals.php>
15. ESTRADA PAREJA, M. M. Manejo y procesamiento de la gallinaza. *En: Revista Lasallista de investigación*, enero-junio 2005. vol.2, no 1, p. 43-48. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520108>
16. FAJARDO, L.; LOVERA, M.; ARRINDELL, P.; AGUILAR, V.H.; HASMY, Z.; CUENCA, Gisela. Morphotype-based characterization of arbuscular mycorrhizal fungal communities in a restored tropical dry forest, Margarita island-Venezuela. *En: Revista de Biología Tropical*, sin mes, 2015. Vol 63, no3, p. 859-870. disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000300859&lng=en&tng=en.
17. GERDEMANN, J.W.; NICHOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *In: Trans Br Mycol Soc.*, June, 1963. vol. 46, no 2, p. 235-244.
18. GÜL, F.S. Growth and nitrogen fixation dynamics of *Azotobacter chroococcum* in nitrogen-free and OMW containing medium. The middle east technical university, 2003. 68p.
19. GLICK, B.R. Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *In: Hindawi Publishing Corporation, Scientifica*. Septiembre, 2012. Vol. 2012, no(1), p. 1-15. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/scientifica/2012/963401/cta/>
20. HARTMANN, A.; ZIMMER, W. Physiology of *Azospirillum*. *In: Azospirillum/Plant Associations*, chapter 2. Okon, Y., Ed.), CRC Press, Boca Raton, FL. 1993. 192 p.
21. ICA, Instituto Colombiano Agropecuario. Manejo de la gallinaza y su utilización como abono en la agricultura. Bogotá D.C. Instituto Colombiano Agropecuari- Federación Nacional de Agricultores de Aves. 2003. 20 p.
22. JAKOBSEN, I., SMITH, S.E.; SMITH, F.A. Function and diversity of arbuscular mycorrhizae in carbon and mineral nutrition. En M. G. A. van der Heijden, & I. Sanders (Ed.), *In: Mycorrhizal ecology. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, Springer. 2002. Vol. 157, p. 75-92.
23. LARA V. Estudio de la Endomicorriza (V-A) en los Agroecosistemas de las Zonas Áridas y Semiáridas del Altiplano Potosino Zacatecano. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 1987. 25- 30 pp
24. LEVANONY, H.; BASHAN, Y. Active attachment of *Azospirillum brasilense* to root surface of non-cereal plants and to sand particles. *In: Nitrogen Fixation*. Springer Netherland, 1991. vol. 137, p. 91-97.
25. MARTYNIUK, S.; MARTYNIUK, M. Occurrence of *Azotobacter spp.* in some Polish soils. *In: Polish Journal of Environmental Studies*, 2003, vol. 12, no 3, p. 371-374.
26. MEEK, B.D., *et al.* The effect of large applications of manure on movement of nitrate and carbon in an irrigated desert soil. *In: Journal of Environmental Quality*, 1974, vol. 3, no 3, p. 253-258.
27. MONTAÑO N.M.; CAMARGO-RICALDE, S.L.; GARCÍA-SÁNCHEZ, R., MONROY, A. (eds.) Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos (*Arbuscular mycorrhizae in arid and semiarid ecosystems*). Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Mundi-Prensa SA de CV, UAM- Iztapalapa, FES Zaragoza, UNAM. Distrito Federal, México, 2007. 460 pp.
28. MUJIYATI, M.; SUPRIYADI, S. Effect of manure and NPK to increase soil bacterial population of *Azotobacter* and *Azospirillum* in chili (*Capsicum annum*) cultivation. *In: Nusantara Bioscience*, mayo, 2009, vol. 1, no 2, p. 44-54. Diponible en <https://doi.org/article/bfdffdd46f364e84a75f204d14edc548>
29. MONIB, M.; ABD-EL-MALEK, Y.; HOSNY, I.; FAYEZ, M. Associative symbiosis of *Azotobacter chroococcum* and higher plants. *In: Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene. Zweite Naturwissenschaftliche Abteilung: Mikrobiologie der Landwirtschaft, der Technologie und des Umweltschutzes*, 1979, vol. 134, no 2, Pages 133-139. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0323605679800397>
30. AWAD, N.M.; ABD EL-KADER, A. A., ATTIA, M.K.A.A.; ALVA, A.K. Effects of nitrogen fertilization and soil inoculation of sulfur-oxidizing or nitrogen-fixing bacteria on onion plant growth and yield. *In: International Journal of Agronomy*, 2011, vol. 2011. p. 1-6
31. NEW, Peter B.; KENNEDY, Ivan R. Regional distribution and pH sensitivity of *Azospirillum* associated with wheat roots in Eastern Australia. *In: Microbial ecology*, 1989, vol. 17, no 3, p. 299-309.
32. PAGANO, Marcela C.; BUENO, Amauri P.; FANTINI, Márcia S.M. Hortalças Folhosas Comerciais e suas Associações Micorrízicas em Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2009, vol. 4, no

2, 2912-2915 p. Disponible en <http://aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/8845>

33. PATIÑO-TORRES, Carlos O.; SANCLEMENTE-REYES, Oscar E. Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *En*: Entramado, 2014, vol. 10, no 2, 288- 297 p.
34. PARREIRA, Luis Henrique; MARTINS, Márcio Eduardo; MOREIRA RIBEIRO, Marina; JUNIOR, Juarez de Macedo. Efeito da bactéria *Azospirillum brasilense* na adubação química e orgânica em pastagens constituídas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Em*: Enciclopedia Biosfera, 2015, vol. 11, no 21, p. 838.
35. PEÑA-VENEGAS, Clara Patricia, et al. Micorrizas arbusculares del sur de la amazonia colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *En*: Acta Amazónica, 2007, vol. 37, no 3, p. 327-336. Disponible en <https://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672007000300003>
36. PEÑA DEL R., M.D. A.; MARÍNEZ L., J., R.; PINALES Q., J., F.; AGUIRRE M., J., F.; DÍAZ F., A.; MATA V., H. Producción de cebolla *allium cepa* L. orgánica mediante inoculantes microbianos. (Sf.). Disponible en http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible5/5_1/64.pdf
37. POLANCO-PUERTA, Manuel Francisco; GÓMEZ-POSADA, Susana. Evaluación de tres programas de fertilización edáfica en el cultivo de la cebolla de rama en la cuenca media del río Ótun. *En*: Intropica. Enero-Junio, 2017. vol 12, no 1, p. 1-10.
38. PULIDO, L. E.; MEDINA, N.; CABRERA, A. La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. *Cultivos Tropicales*, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas La Habana, Cuba 2003, vol. 24, no 1. p. 15-24. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193218221003>
39. ROMÁN-GARCÍA, F. Concentración de reguladores del desarrollo vegetal inducida por hongos endomicorrízicos en dos cultivares de Chile (*Capsicum annum* L.) (Doctoral dissertation, Tesis doctorado. Universidad de Colima. Mexico, 2003. 103 p.
40. SERRALDE, Ana María; RAMÍREZ, María Margarita. Análisis de poblaciones de micorrizas en maíz (*Zea mays*) cultivado en suelos ácidos bajo diferentes tratamientos agronómicos. *En*: Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, octubre, 2004, vol. 5, no 1, p. 31-40.
41. REYES Q.C.K. 2000. Estudio microbiológico de la rizosfera e interrizosfera de la relación entre *Neobuabauimia tetetzo* y dos leguminosas de la familia Mimosaceae. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México DF, México.
42. SARIV Z, RAGOVIV B. The effect of some plants on the dynamics of *Azotobacter* in the soil. *In*: Annals of Scientific Work at the Faculty of Agriculture Novi Sad. 1963. vol 7. p. 1-11.
43. SIQUEIRA, José Oswaldo; COLOZZI-FILHO, Arnaldo; DE OLIVEIRA, Elizabeth. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. *Em*: Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1989, vol. 24, no 12, p. 1499-1506.
44. TAWARAYA, K.; TOKAIRIN, K.; WAGATSUMA, T. Dependence of *Allium fistulosum* cultivars on the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. *In*: Applied Soil Ecology, February, 2001, vol. 17, no 2, p. 119-124.
45. VALADARES, Rafael, MESCOLOTTI, Denise, CARDOSO, Elke. Micorrizas. *In*: Cardoso, E.J.B.N., Andreote, F.D., (eds). Microbiologia do solo, 2da ed. Piracicaba, Brasil. 2016. 225p.
46. WILLIAMS, Charles Michael. Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo. en Función de las aves de corral en la nutrición humana, 2013, p. 48