

FUENTES DE FÓSFORO (P) MÁS CACHAZA CON Y SIN AZOTOFOS SOBRE LOS MICROORGANISMOS DEL SUELO

PHOSPHORUS SOURCES PLUS FILTER PIE WITH OR WITHOUT AZOTOFOS ON THE MICROORGANISMS OF THE SOIL

Maikel Abreu Jiménez¹

Email: majimenez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1933-0216>

Leónides Castellanos González²

Email: lccastell@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9285-4879>

Renato de Mello Prado³

Email: rm.prado@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1998-6343>

Enrique Rafael Parets Selva¹

Email: eparets@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2960-023X>

¹ Universidad de Cienfuegos.

² Universidad de Pamplona, Colombia.

³ UNESP Campus Jaboticabal, Brasil.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Abreu Jiménez, M., Castellanos González, L., De Mello Prado, R., Parets Selva, R. (2022). Fuentes de Fósforo (p) más Cachaza con y sin Azotofos sobre los microorganismos del suelo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 65-69. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cuatro fuentes de fósforo más cachaza con o sin el biofertilizante Azotofos sobre los microorganismos del suelo en diferentes momentos después del tratamiento. Fue establecido un experimento en condiciones de laboratorio en esquema factorial 4(2)+1, empleándose cuatro fuentes de fósforo; roca fosfatada, fosfato natural, superfosfato triple y roca fosfórica cubana y dos fuentes del compuesto orgánico a base cachaza enriquecida con microorganismos (Azotofos) y solo cachaza (sin enriquecimiento) y un control (sin cachaza, ni abonado), con tres repeticiones. Fueron totalizadas el total de bacterias los hongos y las bacterias solubilizadoras de fósforo a los 30, 60 y 90 días después de iniciado el experimento. El uso de diferentes fuentes de P con cachaza enriquecida con Azotofos aplicadas a un suelo con alto tenor de P no fue importante para alterar las poblaciones de las bacterias totales y los hongos y solo influyó sobre las bacterias solubilizadoras de P a corto plazo (30 y 60 días después de la aplicación).

Palabras clave: Fuentes de fósforo, cachaza, biofertilizantes, microorganismos del suelo.

ABSTRACT

The objective of the investigation was to evaluate the effect of four phosphorus sources plus filter pie with or without the biofertilizer Azotofos on the microorganisms in the soil at different moments after the treatment. An experiment in factorial design 4(2)+1 was established, being the four phosphorus sources; rock phosphate, natural phosphate, triple phosphate and Cuban phosphoric rock; two sources of the organic compound to base filter pie enriched with Azotofos microorganisms and only filter pie (without enrichment) and a control (without filter pie, neither Azotofos), with three repetitions. The total of bacteria, the fungus and the phosphorus solubilizers bacteria were evaluated at the 30, 60 and 90 days after being initiated the experiment. The use of different sources of P with filter pie enriched with Azotofos applied to the soil with high tenor of P, was not important to alter the populations of the total bacteria and fungus, and only it affected the phosphorus solubilizers bacteria in short term (30 and 60 days after the application).

Key words: Phosphorus source, filter pie, biofertilizers, soil microorganisms.

INTRODUCCIÓN

El fósforo es un importante nutriente para la productividad de las plantas debido a su participación en los procesos vitales y estructuras, lo que se refleja en la división y alargamiento de las células, aumentando el crecimiento de las raíces (Bahadur et al., 2002). Debido a la baja movilidad del fósforo en el suelo y su baja concentración en la solución del suelo, fertilizantes fosfatados aplicados a los suelos agrícolas terminan generando una elevada acumulación de ese elemento, cuya disponibilidad depende fuertemente de la actividad microbiana. En este proceso biológico participan microorganismos solubilizadores de fosfato orgánico a través de la exudación de enzimas como la fosfatasa ácida, la cual hidroliza P orgánico, o directamente, solubilizando fosfato inorgánico por la acción de ácidos orgánicos (Martínez et al., 2006).

La adsorción de P en el suelo puede estar afectada por el tenor de materia orgánica, pH, tenor de calcio, hierro trivalente y aluminio, así como por el tiempo de contacto entre el fertilizante y el suelo (Machado & Souza, 2012).

La cachaza es formada por un conjunto de sólidos que se forman durante los procesos de clarificación de caldo de la caña de azúcar. Dentro de sus nutrientes se destacan el fósforo, el nitrógeno y el potasio. La cachaza tiene efectos benéficos en las propiedades físicas y químicas del suelo (Arzola et al., 2013).

En la literatura los resultados son contradictorios en cuanto al uso de los microorganismos solubilizadores de fósforo, pues la eficiencia de la solubilización depende de la estirpe del microorganismo, del fosfato, tipo de suelo, cultivar, acidez y naturaleza de las materias orgánicas que servirán como fuentes de carbono para los microorganismos (Nahas et al., 1994 a, b; Nahas, 2002). El uso de la cachaza enriquecida con fosfato natural asociado con microorganismos solubilizadores puede constituir una importante fuente alternativa de fertilizante organomineral fosfatado, no obstante, la información sobre el efecto de este fertilizante organomineral fosfatado sobre la población de microorganismos y en la disponibilidad de P en el suelo es escasa, requiriéndose mayor investigación al respecto, por lo que se plantea el siguiente problema.

Teniendo en consideración lo anteriormente planteado el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cuatro fuentes de fósforo más cachaza con o sin el biofertilizante Azotofos sobre los microorganismos del suelo en diferentes momentos posteriores al tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo un experimento de laboratorio donde fue adoptado un diseño experimental en bloques completamente aleatorizados en esquema factorial $4 \times 2 + 1$, con tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por cuatro fuentes de P: fosfato de rocha (Araxá) (P₂O₅ total= 36% e P₂O₅ soluble en ácido cítrico a 2%= 4%); fosfato natural reactivo (Bayóvar®) (P₂O₅ total= 29% e P₂O₅ soluble en ácido cítrico a 2%= 14%); superfosfato triple (SFT) (P₂O₅ total= 45% e P₂O₅ soluble en ácido cítrico

a 2%= 41%) y roca fosfórica cubana (P₂O₅ total= 24% e P₂O₅ soluble en ácido cítrico a 2%= 6,5%); y dos fuentes de compuesto orgánico a base de cachaza enriquecida con microorganismos y apenas cachaza (sin enriquecimiento), más un control (sin cachaza, ni fertilización). La unidad experimental estuvo compuesta de recipientes plásticos (200 mL) llenados con muestras de suelo, con los respectivos tratamientos.

Al compuesto orgánico fueron adicionadas todas las fuentes de P a la concentración 60 mg dm⁻³ de P soluble en ácido cítrico a 2%. El compuesto orgánico enriquecido fue obtenido a través del compostaje de la cachaza, con adición de biofertilizante conteniendo microorganismos. El biofertilizante utilizado fue Azotofos a base de *Pseudomonas fluorescens* y *Azotobacter fluorescens* conteniendo 10⁸ ufc mL⁻¹ obtenido en el Laboratorio Barajagua, Instituto de Investigaciones de Suelos y Fertilizantes de Cuba. Se utilizaron 10g del biofertilizante añadido a 1L de agua destilada y en seguida se procedió al enriquecimiento del compuesto orgánico (cachaza), a base de 280 mLkg⁻¹ de cachaza.

El análisis microbiológico de la cachaza sin enriquecimiento arrojó la presencia de *Penicillium spp* (5 x 10¹ ucf g⁻¹), *Aspergillus spp* (1,3 x 10¹ ucf g⁻¹) e *Aspergillus terreus* (2,3 x 10¹ ucf g⁻¹).

Los nutrientes de la cachaza eran (g kg⁻¹): N= 18; P= 12,1; K= 4,3; Ca= 96,4; Mg= 10,2; S= 3,4. Después del compostaje, la dosis del compuesto orgánico (cachaza) aplicada en los recipientes fue de 12,5g kg⁻¹ de suelo, correspondiendo a 25 t ha⁻¹.

En todos los tratamientos fueron aplicados de forma uniforme, nitrógeno (200 mg dm⁻³), en forma de urea (45% de N) y potasio (150 mg dm⁻³), en forma de cloruro de potasio (60% de K₂O). La humedad del suelo, durante todo el período del experimento, fue mantenida próxima a la capacidad de campo (80%), con la adición de agua destilada.

Se realizaron muestreos a los 30, 60 y 90 días para determinar las poblaciones de los microorganismos. Para la cuantificación de las bacterias solubilizadoras de fosfato (B.S.F.) fue utilizado el medio Pykoskaia (Martínez et al., 2006). Para el conteo de las bacterias y hongos totales, fue utilizado inicialmente el procedimiento de dilución en serie (Wollum, 1982), utilizándose el medio de Bunt & Rovira (1955), pH 7,4, para el conteo de bacterias totales, y el medio de Martin (1950), pH 5,6, añadiendo 60 mg mL⁻¹ de penicilina, 40 mg mL⁻¹ de estreptomina y 70 mg mL⁻¹ de rosa bengala, para el conteo de hongos. Las placas fueron incubadas a temperatura de 30°C por 24 horas (bacterias totales), 72 horas (hongos) y 96 horas (bacterias solubilizadoras de fosfato).

Para esto las muestras de suelo fueron acondicionadas en bolsas plásticas, protegidas de la luz y mantenidas en cajas térmicas hasta la llegada al laboratorio; seguidamente fueron tamizadas (2 mm de malla), con una humedad ajustada entre 50 y 60% de capacidad de campo, acondicionadas en bolsas de plástico con orificios

de ventilación fueron mantenidas en cámara fría (4°C) (Cardoso & Silva, 2009).

Los datos de las poblaciones de bacterias totales, bacterias solubilizadoras de P y de los hongos en el suelo en cada muestreo mensual fueron transformados en logaritmo y sometidos a análisis de varianza. Las medias fueron comparadas por medio el test de Tukey ($p < 0,05$), utilizando el programa estadístico ASISTAT (Silva & Azevedo, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 30 días de la instalación del experimento el uso de diferentes fuentes de P (Fosfato de Araxá, Fosfato Bayóvar®, superfosfato triple y Fosfato de Cuba) así como la cachaza (con y sin enriquecimiento con Azotofos) no promovieron alteraciones en la población de bacterias totales y hongos en relación al control (Tabla 1).

Tabla 1. Población microbiológica en suelo tratado con fuentes de P en presencia y en ausencia de compuesto orgánico enriquecido con biofertilizante a los 30 días de instalado el ensayo.

	Bacterias totales	Hongos	B.S.F.
Fuentes de P	----- UFC g-1 suelo -----		
Fosfato de Araxá	9,0	5,8	5,6
Fosfato Bayóvar®	9,1	5,6	5,6
Superfosfato Triple	9,1	5,8	5,8
Fosfato de Cuba	9,0	5,8	5,8
Compuesto orgánico			
Con enriquecimiento	9,0	5,8	5,8 a
Sin enriquecimiento	9,1	5,7	5,5 b
	Valores de F		
Fuentes de P(P)	0,12 ns	2,28 ns	1,21 ns
Compuesto orgánico©	1,31 ns	3,39 ns	6,34 *
P x C	0,73 ns	0,64 ns	1,71 ns
Factorial x control	0,002 ns	1,84 ns	0,06 ns
Media del control	9,1	5,6	5,7
Media del factorial	9,1	5,8	5,7
CV (%)	3,7	2,8	5,4

ns= no significativo; * significativo al 5% de probabilidad; ** significativo al 1% de probabilidad. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tuckey a 5%.

El tratamiento que recibió enriquecimiento con biofertilizante Azotofos promovió incremento en el número de bacterias solubilizadoras presentes en el suelo a corto plazo independientemente de la fuente de fertilizante fosfatado, pero no fue verificado efecto de los tratamientos (factorial) sobre el control para la variable bacterias solubilizadoras de fosfato (B.S.F.).

Los mayores valores de unidades formadoras de colonias (ufc) observados en los tratamientos con la presencia de

cachaza enriquecida con biofertilizantes refuerzan la hipótesis de que la utilización de cachaza enriquecida puede jugar un papel fundamental para la actividad microbiana en los suelos agrícolas a corto plazo como han señalado (Cardoso & Jahnel, 1995).

A los 60 días de la instalación del experimento se verificó que los tratamientos aplicados en relación al control no afectaron la población de bacterias totales ni hongos totales del suelo (Tabla 2), sin embargo, influenciaron sobre las bacterias solubilizadoras, al manifestarse una población superior en la factorial con respecto al control, pero no hubo diferencia entre el uso de fuentes de P y el compuesto orgánico, ni su interacción.

Tabla 2. Población microbiológica en suelo tratado con fuentes de P en presencia y en ausencia de compuesto orgánico enriquecido con biofertilizante a los 60 días de instalado el ensayo.

	Bacterias totales	Hongos	B.S.F.
Fuentes de P	----- UFC g-1 suelo -----		
Fosfato de Araxá	10,0	5,8	6,1
Fosfato Bayóvar®	10,0	5,8	6,3
Superfosfato Triple	9,9	5,8	6,5
Fosfato de Cuba	9,5	5,9	6,6
Compuesto orgánico			
Con enriquecimiento	9,9	5,8	6,5
Sin enriquecimiento	9,8	5,8	6,3
	Valores de F		
Fuentes de P(P)	2,44 ns	0,90 ns	1,79 ns
Compuesto orgánico©	0,44 ns	2,56 ns	3,23 ns
P x C	1,04 ns	0,49 ns	2,24 ns
Factorial x control	1,13 ns	0,16 ns	7,26 *
Media del control	9,6	5,8	5,8 b
Media del factorial	9,9	5,8	6,4 a
CV (%)	4,0	1,9	5,8

ns= no significativo; * significativo al 5% de probabilidad; ** significativo al 1% de probabilidad. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tuckey a 5%.

A los 90 días las poblaciones de microorganismos presentes en el suelo no fueron influenciados por los tipos de fosfatos aplicados y por el enriquecimiento realizado en el compuesto orgánico (Tabla 3) ni siquiera para las bacterias solubilizadoras como ocurrió a los 30 y 60 días.

Tabla 3. Población microbiológica en suelo tratado con fuentes de P en presencia y en ausencia de compuesto orgánico enriquecido con biofertilizante a los 90 días después de instalado el ensayo.

	Bacterias totales	Hongos	B.S.F.
Fuentes de P	----- UFC g-1 suelo -----		
Fosfato de Araxá	10,3	5,7	6,6
Fosfato Bayóvar®	10,1	5,8	6,0
Superfosfato Triple	9,9	5,7	6,0
Fosfato de Cuba	10,1	5,8	6,5
Compuesto orgánico			
Con enriquecimiento	10,3	5,8	6,2
Sin enriquecimiento	9,9	5,8	6,4
	Valores de F		
Fuentes de P(P)	0,26 ns	1,53 ns	1,77 ns
Compuesto orgánico(C)	1,91 ns	0,11 ns	0,59 ns
P x C	2,38 ns	2,74 ns	1,38 ns
Factorial x control	2,02 ns	0,22 ns	1,61 ns
Media del control	9,5	5,8	6,7
Media del factorial	10,1	5,8	6,3
CV (%)	6,7	1,6	9,1

ns= no significativo; * significativo al 5% de probabilidad; ** significativo al 1% de probabilidad. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tuckey a 5%.

Los resultados hasta los 90 días concuerdan con Barroti & Nahas (2000) quienes tampoco verificaron aumentos de las poblaciones de bacterias y hongos en los suelos en función del tipo de fertilizante fosfatado empleado (superfosfato simple y fosfato de Araxá).

Resáltese que el suelo es un ambiente extremadamente complejo y que de acuerdo con Van Veen (1997), la resistencia a la introducción de organismos se debe a varios factores bióticos y abióticos, tales como: predación por protozoarios y la competencia con poblaciones indígenas por sustratos orgánicos y por espacio en el suelo, donde los microorganismos puedan estar protegidos contra el ataque de predadores. Dentro de los factores abióticos responsables por el no crecimiento de las bacterias introducidas en los suelos se destaca principalmente: textura, tipo de arcilla, temperatura, pH y la disponibilidad de sustratos orgánicos.

CONCLUSIONES

El uso de diferentes fuentes de P con cachaza enriquecida con Azotofos aplicadas a un suelo con alto tenor de P no fue importante para alterar las poblaciones de las bacterias totales y los hongos y solo influyó sobre las bacterias solubilizadoras de P a corto plazo (30 y 60 días después de la aplicación).

BIBLIOGRAFÍA

Arzola, N., Herrera, O., & Prado, R. (2013). Manejo de suelos para una agricultura sostenible. *Ed. Jaboticabal: FCAV/UNESP*, 511 p.

Baahadur, M. M., Ashrafuzzaman, M., Kabir, M., Chowdhury, M., & Majumder, A. (2002). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties to different levels of phosphorus. *Crop Research* 23 (2): 293-299.

Barroti, G., & Nahas, E. (2000). População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v 35 (10): 2043-2050.

Bunt, J. S., & Rovira, A.D. (1955). *Microbiological studies of some subantarctic soils.* *J. Soil Science*, 6:119-128

Cardoso, E., & Jahnel, M. (1995). Avaliação da maturação do composto de lixo urbano. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. p2297.

Cardoso, E. L., & Silva, M. (2009). *Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal.* (Vols. 1-44). *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.44, n.6, p.631-637.

Machado, V., & Souza, C. (2012). Disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico de liberação lenta. *Bioscience Journal* 28 (1): 1-7.

Martin, J. (1950). Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science* 69: 215-232.

Martínez, V. R., López, M., Brossard, F. M., Tejeda, G. G., Pereira, A. H., Parra, Z. C., Rodríguez, S. J., & Alba, A. (2006). Procedimientos para el estudio y fabricación de Biofertilizantes Bacterianos. Maracay, Venezuela. *Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola. (Serie B No 11)*, 88p.

Nahas, E. (2002). Microorganismos do solo produtores de fosfatase em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia* 61(3): 267-275.

Nahas, E., Centurion, J., & Assis, L. (1994a). Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatase. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 18, 49-53.

Nahas, E., Centurion, J., & Assis, L. (1994b). Microorganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatase de vários solos. *Revista Brasileira de Ciência do solo* 18, 43-58.

Silva, F. A., & Azevedo, C. (2009). Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: *WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE*, 7, Reno-NV-USA: *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 7p.

Van Veen, J. (1997). Fate and activity of microorganisms introduced into soil. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 61: p. 121-135.

Wollum, A. (1982). Cultural methods for soil microorganisms. In: Page, A.L.; H.R. Miller; D.R. Keeney (Ed.). Methods of soil analysis. Madison : *Soil Science Society of America*, p.781-802.