

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Combinación de dos biofertilizantes y fertilización química en la producción de *Solanum tuberosum* cv. Superchola en Andisoles ecuatorianos

Combination of two biofertilizers and chemical fertilizers in the production of *Solanum tuberosum* cv. Superchola in Ecuadorian Andisols

Segundo Ramiro Mora Quilismal^{1*}, Edith Águila Alcantara², Vinicio Revelo Ruales¹,
Hernán Benavides Rosales¹, Luis Balarezo Urresta¹

¹ Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Calle Antisana y Ave. Universitaria E35, Tulcán, Carchi, Ecuador

² Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

Correo para correspondencia: segundo.mora@upec.edu.ec

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto del empleo de los biofertilizantes Fosfotic y Safer micorrizas, solos o combinados, como complemento a reducciones de fertilizante químico fosforado, en la producción del cultivo de la papa en Andisoles del Carchi. Se realizó un experimento de campo con diseño de bloques al azar (cuatro réplicas y 10 tratamientos) en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi entre noviembre de 2017 y mayo de 2018. Los tratamientos empleados fueron seleccionados de un experimento previo realizado en esta misma entidad el año anterior. Se evaluó el número y peso de tubérculos por planta, la producción total y por calibre y el rendimiento total. Se determinó el peso seco de la raíz y el contenido de fósforo en follaje a los 120 días; además, se calculó la eficiencia de recuperación del nutriente. También se realizó un análisis económico de los tratamientos evaluados. La combinación de mejores resultados productivos, mayor eficiencia en la absorción del fósforo y buenos resultados económicos fue la del tratamiento donde se redujo el fertilizante fosfórico en un 75 %, combinado con ambos biofertilizantes, seguido del tratamiento donde se redujo a 25 % el fertilizante químico y se combinó con Safer micorrizas. La regresión doble recíproca evidenció la influencia del fósforo en la producción y calidad de los tubérculos. Estos tratamientos tuvieron una relación beneficio costo por encima de 0,90, superior al tratamiento con fertilización química.

Palabras clave: bacterias solubilizadoras de fósforo, micorrizas, papa

ABSTRACT

The present investigation assessed the effect of two biofertilizers Fosfotic and Safer micorrizas, alone or in combination, as complement to reductions in phosphorus chemical fertilizer, in the potato production in Andisols from Carchi. A field experiment with randomized block design (four replicates and 10 treatments) was carried out at the San Francisco Experimental Center of the Carchi State Polytechnic University between November 2017 and May 2018. The treatments used were selected from a previous experiment conducted in this same entity the previous year. The number and weight of tubers per plant, total and caliber production and total yield were evaluated, root dry weight and foliage phosphorus content were determined at 120 days; In addition, nutrient recovery efficiency was calculated. An economic analysis of the evaluated treatments was also performed. The combination of better productive results, greater efficiency in phosphorus absorption and good economic results was that of the treatment where the phosphorus fertilizer was reduced by 75 %, combined with both biofertilizers, followed by the treatment where the chemical fertilizer was reduced to 25 % and combined with safer mycorrhizae. The double reciprocal regression evidenced the influence of phosphorus on the production and quality of tubers. These treatments had a cost benefit ratio above 0.90, higher than the treatment with chemical fertilization.

Keywords: phosphorus-solubilizing bacteria, mycorrhizae, potato

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa tiene un rol protagónico en el Ecuador. La provincia del Carchi, localizada al norte de la zona Andina, es la mayor productora de papa en dicho país y aporta alrededor del 40 % de su cosecha anual, con rendimientos promedios de 23 t ha⁻¹ (MAGAP, 2018). El cultivo se desarrolla en suelos de origen volcánico (Andisoles) con un alto poder de adsorción y fijación de fósforo (Pumisacho y Sherwood, 2002).

El manejo de la fertilización para la papa en Ecuador se caracteriza por el uso intensivo de fertilizantes químicos con el empleo de altas dosis de fertilización, en especial fosfórica (Negrete, 2011; Luna *et al.*, 2016). En la zona del Carchi el cultivo es sometido a grandes dosis de fertilizaciones llegando a contribuir a la degradación de los suelos (León *et al.*, 2015).

A nivel mundial ha ido creciendo el empleo de bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) y los hongos micorrízicos (HM) por su potencial en la fertilización fosfórica. La implementación de estas alternativas de fertilización requiere de estudios enfocados a sus resultados productivos y económicos, sin obviar la influencia de las condiciones edafoclimáticas específicas donde

se realiza el estudio (Carvajal y Mera, 2010). En Ecuador, debido al escaso conocimiento científico-técnico sobre sus efectos en el ciclo de los nutrientes, el rendimiento y calidad de las producciones, así como en los beneficios económicos de los productores y una pobre divulgación de sus beneficios, limitan su empleo (Negrete, 2011).

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del empleo de los biofertilizantes Fosfotic y Safer micorrizas, solos o combinados, como complemento a reducciones de fertilizante químico fosforado, en la producción del cultivo de la papa para las condiciones del Carchi.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de campo se realizó en el Centro Experimental San Francisco de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), en el cantón San Pedro de Huaca, provincia de Carchi, Ecuador. El mismo se llevó a cabo entre noviembre del 2017 y mayo del 2018. El suelo del área de estudio se clasifica como Andisol (USDA/NRCS, 2014).

El cultivar de papa empleado fue Superchola (ciclo de cultivo de seis meses), utilizando

tubérculos de semillas certificadas. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas por tratamiento. Cada parcela del experimento tenía una dimensión de 5 m de ancho x 3 m de largo, para un área de 15 m², el área total fue de 600 m². La distancia de plantación fue 1 m entre surcos y 0,50 m entre plantas, mientras que las labores agrotécnicas se realizaron según el Manual Técnico del cultivo (Pumisacho y Velázquez, 2009), pero no se realizaron riegos al cultivo. El control fitosanitario se efectuó a partir de los 30 días después de la siembra (dds), con un total de 12 aplicaciones; alternando los fungicidas Curalancho® (Interoc Custer, Ecuador), Euro® (Coromandel, Ecuador), Cosan 80 % PM (Bioesterfeld, Alemania) y los insecticidas Agrin 25 (Cypermotrina), Gladiador (Acephate), Lorsban 480 EM (Dow AgroSciences, EUA). En todos los casos se aplicaron las dosis recomendadas por los fabricantes.

Los tratamientos (Tabla 1) fueron seleccionados de un experimento previo realizado en condiciones semicontroladas, ejecutado en la misma entidad durante el año anterior (Mora *et al.*, 2018).

Los biofertilizantes estudiados son los siguientes productos comerciales disponibles para los productores: Fosfotic (elaborado con un pool de BSF) y Safer micorrizas (elaborado con un pool de HM). La aplicación de ambos se efectuó de acuerdo con las indicaciones de sus fabricantes. El Fosfotic® fue aplicado en tres

momentos: a la siembra, a los 20 y 90 dds en una dosis de 2 ml L⁻¹ de agua, según lo orientado por el fabricante. Para Safer-Micorrizas®, la aplicación se realizó según lo recomendado por el fabricante, empleándose solamente una vez durante la siembra en una dosis de 10 g por tubérculo semilla.

En la cosecha (175 dds) se evaluó el número de tubérculos por planta y el peso de los tubérculos por planta (g), para lo cual se escogieron seis plantas de cada parcela evitando el efecto borde. Los tubérculos cosechados se clasificaron por calibre (Tabla 2). También se determinó la producción total de cada parcela y por calibre, lo que permitió el cálculo del rendimiento total a partir de la relación existente entre la producción y el área cultivada.

En el laboratorio se determinó el peso seco de la raíz a los 120 dds y el contenido de fósforo en follaje. Este fue determinado por espectrofotometría de absorción atómica. Finalmente, se calculó la EAN (eficiencia de la absorción del fósforo) a partir de la fórmula propuesta por Gray y Schlesinger (1983) donde EAN ($\mu\text{g mg}^{-1}$) es igual al contenido del nutriente en planta (μg) entre la biomasa seca de la raíz (mg).

Análisis estadístico

Para los procesamientos estadísticos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion version XV. II (Statistical Graphic

Tabla 1. Tratamientos empleados en la investigación

Nº	Tratamientos	Descripción*
1	100% NPK (dosis de la región)	135 - 335 - 225
2	100% NPK + Fosfotic	135 - 335 - 225
3	100% NPK + Safer micorrizas	135 - 335 - 225
4	100% NPK + Fosfotic + Safer micorrizas	135 - 335 - 225
5	100% NK + 75 % P + Fosfotic	135 - 251,25 - 225
6	100% NK + 75 % P + Safer micorrizas	135 - 251,25 - 225
7	100% NK + 75 % P + Fosfotic + Safer micorrizas	135 - 251,25 - 225
8	100% NK + 50 % P + Fosfotic	135 - 167,5 - 225
9	100% NK + 50 % P + Fosfotic + Safer micorrizas	135 - 167,5 - 225
10	100% NK + 25 % P + Safer micorrizas	135 - 83,75 - 225

*La descripción explica la cantidad aplicada de cada nutriente (N - P₂O₅ - K₂O) en kg ha⁻¹

Tabla 2. Escala para la clasificación de los calibres de los tubérculos utilizados en la investigación (adaptada de Pumisacho y Sherwood, 2002)

Calibre	Diámetro del tubérculo	Peso del tubérculo
1	Mayor de 10 cm	Mayor de 121 g
2	5 – 10 cm	71 – 120 g
3	Menor de 5 cm	Menor de 70 g

Corp., USA). La comparación entre las medias fue a través de un ANOVA simple y la diferencia entre las medias, por la prueba de Tukey o Kruskal Wallis, dependiendo de la homogeneidad de las varianzas, de acuerdo con el estadístico de Levene. En todos los casos las diferencias significativas fueron establecidas para un alfa del 5 %. Se realizó un análisis de regresión doble recíproca entre la producción total y el calibre 1 con la EAN.

Análisis Económico

Se realizó un análisis económico con los resultados alcanzados en cada tratamiento después de la cosecha. El precio de venta establecido al momento de la comercialización fue de 400 USD t⁻¹ el calibre 1, 200 USD t⁻¹ el 2,

y 100 USD t⁻¹ para el calibre 3. El cálculo de las ganancias brutas se hizo de forma independiente para cada calibre y posteriormente se sumaron para conocer las ganancias brutas totales que sirvieron de base para determinar las ganancias netas. Se determinaron los costos de producción por hectárea para cada tratamiento y las ganancias brutas y netas, lo cual permitió calcular la relación costo beneficio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta del cultivo a los diferentes tratamientos se resume en la Tabla 3. El promedio de tubérculos por planta osciló entre 14,5 y 19,42, siendo superior en los tratamientos 1 y 7, pero estos solo difieren

Tabla 3. Indicadores productivos y rendimiento total

Trat.	Promedio tubérculos x planta*	Peso fresco promedio tubérculos x planta (kg) *	Producción total (t)	Producción Calibre 1(t)	Producción Calibre 2 (t)	Producción Calibre 3 (t)	Rdto. Total (t ha ⁻¹)
1	19,38 a	1,30 ab	39,09 a	24,74 ab	9,35 a	4,99 a	26,06 a
2	19,21 ab	1,28 abc	38,26 ab	25,14 ab	8,41 ab	4,71 ab	25,51 ab
3	18,67 ab	1,29 ab	38,76 ab	24,81 ab	9,84 a	4,11 abc	25,84 ab
4	15,79 abc	1,06 c	31,72 c	21,84 b	8,03 ab	2,95 c	21,14 c
5	16,04 ab	1,09 bc	32,76 bc	20,86 b	7,9 ab	4 abc	21,84 bc
6	16,08 ab	1,20 abc	36,14 abc	24,14 ab	8,86 ab	3,14 bc	24,09 abc
7	19,42 a	1,44 a	39,46 a	26,69 a	9,94 a	3,58 abc	26,30 a
8	15,75 bc	1,17 abc	35,08 abc	25,29 ab	7,01 ab	2,79 c	23,39 abc
9	14,5 c	1,02 c	30,59 c	22 ab	5,69 b	2,89 c	20,39 bc
10	18,7 ab	1,35 ab	39,08 a	25,39 ab	10 a	3,69 abc	26,06 a

Letras diferentes dentro de una misma columna difieren según prueba de Tukey o Kruskal Wallis (*) para p<0,05

Trat. – tratamiento; la dosis de la región es de 135 kg ha⁻¹ de N, 335 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O; las reducciones de 75 %, 50 % y 25 % de P equivalen a 251,25, 167,5 y 83,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente

significativamente con los tratamientos 8 y 9. El resto de los tratamientos no mostraron diferencias respecto a los dos primeramente mencionados. Al evaluar el peso promedio de los tubérculos por planta también fueron superiores los mismos en el tratamiento 7, con diferencias significativas respecto al 4, 5 y 9, pero no con los otros tratamientos. La producción total fue superior en los tratamientos 1, 7 y 10.

Al analizar la producción por calibre se apreció que en todos los tratamientos los tubérculos de calibre 1 representa más del 60 % de la producción total. De conjunto, los calibres 1 y 2 representan alrededor del 90 % del total, lo cual es satisfactorio desde una perspectiva de comercialización ya que el calibre 3 genera bajos ingresos económicos al productor. Sin embargo, la producción de tubérculos con calibre 1 fue superior en el tratamiento 7, pero en la producción de calibre 2 se obtuvieron mejores resultados en los tratamientos 1, 3, 7 y 10. Igualmente, la producción del calibre 3 fue mayor en los tratamientos 1, 2, 3, 5, 7 y 10; aunque en estos últimos se aprecia una tendencia a disminuir.

Por ende, el rendimiento del cultivo fue significativamente superior en el tratamiento 7, 1 y 10, seguidos de los tratamientos 3, 2, 6 y 8 con los cuales no muestran diferencias significativas, aunque sí con el resto de los tratamientos. Con todo, debe señalarse que los rendimientos obtenidos en todos los tratamientos superan las 20 t ha⁻¹ y los mejores superan las 25 t ha⁻¹, lo cual es un resultado satisfactorio en las condiciones de la región, donde los rendimientos oscilan entre las 21,0 y 25,0 t ha⁻¹, con un promedio de 23 t ha⁻¹ (MAGAP, 2018) aunque este cultivar tiene un rendimiento potencial de 30 t ha⁻¹ (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Los mejores resultados de los tratamientos 7 y 10 pueden atribuirse al efecto positivo de los biofertilizantes empleados y su interacción con las dosis de fertilizantes minerales. La inoculación de bacterias solubilizadoras de fosfatos combinadas con micorrizas arbusculares ha tenido efectos positivos en Andisoles para otros cultivos como la leucaena (Ramírez *et al.*, 2001). Los resultados de esta

investigación demuestran que también en la papa pueden encontrarse efectos positivos que mejoren sus producciones.

No obstante, aunque en general se asume que existe un beneficio potencial en la coinoculación de microorganismos solubilizadores de fósforo y los hongos formadores de micorriza, esto no siempre es efectivo y pueden encontrarse efectos contrarios debido a la competencia por espacio y nutrientes Serna (2013).

Otro aspecto importante es el contenido de P en el suelo y las dosis de fertilización empleadas en los cultivos. Los niveles moderados de P pueden favorecer la infección por estos hongos, mientras que altos niveles de nitrógeno y fósforo en el suelo han sido señalados como causas de efectos negativos sobre el desarrollo de las micorrizas arbusculares y microorganismos solubilizadores de este macroelemento (Pérez *et al.*, 2011, Serna, 2013).

Al evaluar el análisis foliar (Tabla 4) se apreció que los tratamientos 7 y 10 permitieron una mayor asimilación de P por la planta, difiriendo significativamente con el resto de los tratamientos. El peso seco de la raíz no mostró una diferenciación muy definida entre los tratamientos, aunque pudo apreciarse un incremento del mismo en los tratamientos con Safer micorrizas.

Al calcular la eficiencia en la recuperación del fósforo, se encontró que este fue significativamente superior en el tratamiento 7 con 7,48 µg del elemento por cada mg⁻¹ de biomasa radical, seguido de los tratamientos 3 y 10 (6,94 y 6,68 µg mg⁻¹ respectivamente). A la vez, se obtuvieron valores por encima de 6 µg mg⁻¹ en los tratamientos 1 y 2, que no difieren respecto a los antes mencionados.

Debe señalarse que en los tratamientos 1, 2 y 3 fue suministrado el 100 % de la dosis de P, pero los tratamientos 7 y 10 inoculados con micorrizas tuvieron una reducción de las dosis del fertilizante fosfórico en un 25 y 75 %. Esto evidencia la efectividad de la inoculación con los biofertilizantes empleados en las combinaciones seleccionadas para las condiciones de los Andisoles en la provincia del Carchi. La efectividad de movilización de

Tabla 4. Eficiencia de absorción del nutriente en los tratamientos estudiados

Nº	P follaje ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Peso seco raíz (mg)	EAN* ($\mu\text{g mg}^{-1}$)
1	1405,52 cd	15360 abc	6,11 b
2	1437,24 bc	16360 ab	6,22 b
3	1498,91 b	16600 a	6,96 ab
4	1477,75 bc	15100 abc	4,67 cd
5	1320,08 de	14180 c	4,64 cd
6	1251,39 ef	15330 abc	4,88 c
7	1693,58 a	16040 abc	7,48 a
8	1401,25 cd	14460 abc	6,00 b
9	1204,35 f	16040 abc	4,23 d
10	1632,86 a	16380 ab	6,69 ab

Letras diferentes dentro de una misma columna difieren según prueba de Tukey o Kruskal Wallis (*) para $p < 0,05$

La dosis de la región es de 135 kg ha^{-1} de N, 335 kg ha^{-1} de P_2O_5 y 225 kg ha^{-1} de K_2O , las reducciones de 75 %, 50 % y 25 % de P equivalen a 251,25, 167,5 y $83,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente, EAN - Eficiencia de absorción del nutriente, P follaje - contenido de fósforo en el follaje

nutrientes hacia la planta se favorece con la inoculación de bacterias solubilizadoras de fósforo y micorrizas, así como sus combinaciones, pero la eficiencia es altamente influenciada por diferentes factores como el pH del suelo, los contenidos de P y otros nutrientes, el efecto residual de fertilizantes químicos y plaguicidas, entre otros factores (Pérez *et al.*, 2011, Serna, 2013, Garzón, 2016).

Las regresiones doble recíprocas entre la producción total y de calibre con la EAN del fósforo mostraron una relación estadísticamente significativa entre ambas y la eficiencia en la recuperación del nutriente después de la transformación a escala recíproca, con un nivel de confianza del 99 %

(Figura 1). Al analizar la producción de calibre 1 se encontró que el modelo de salida explica el 42,12 % de la variabilidad de su producción y el coeficiente de correlación entre esta y la EAN muestra una relación moderadamente fuerte. Estos resultados demuestran la importancia de este elemento en los rendimientos del cultivo y en la calidad de los tubérculos que se forman, aspecto que ha sido señalado por diversos autores (Pumisacho y Sherwood, 2002; Negrete, 2011; Fernandes *et al.*, 2015; Luna *et al.*, 2016).

Análisis Económico

En todos los tratamientos evaluados se obtuvieron beneficios económicos, lo cual evidencia la factibilidad del empleo de las

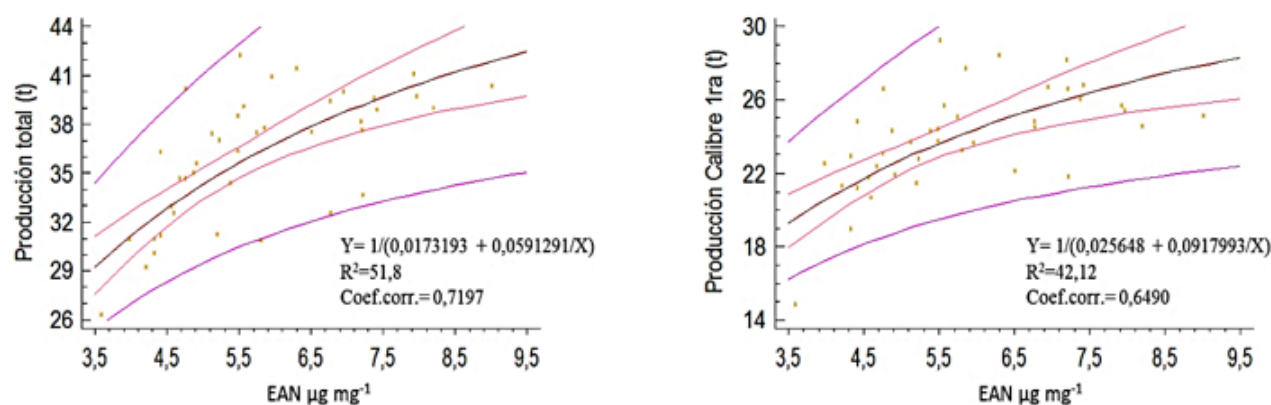


Figura 1. Regresiones doble recíprocas entre la Eficiencia de Absorción del Nutriente (EAN) del fósforo y la producción total y de calibre 1ra en el cultivo ($p < 0,01$)

combinaciones de biofertilización empleadas. Dado que la producción de los tubérculos calibre 1 superó el 60 % del total de la producción y sus precios de venta son superiores, esto representó un efecto similar en las ganancias obtenidas. El análisis costo beneficio de la producción (Figura 2) demuestra que todos los tratamientos generaron ingresos, siendo los tratamientos 7, 8 y 10 los de mayor beneficio, superando al tratamiento 1 que se identifica con la fertilización química empleada actualmente en la región estudiada.

Considerando el alto costo de los insumos agrícolas, estas alternativas pueden contribuir a la protección de los recursos naturales y el manejo agroecológico del cultivo. Garzón (2016) resalta como el manejo de HMA y otros microorganismos pueden constituirse en una práctica que permita el desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes a la vez que se constituyen como tecnologías menos agresivas para el ambiente.

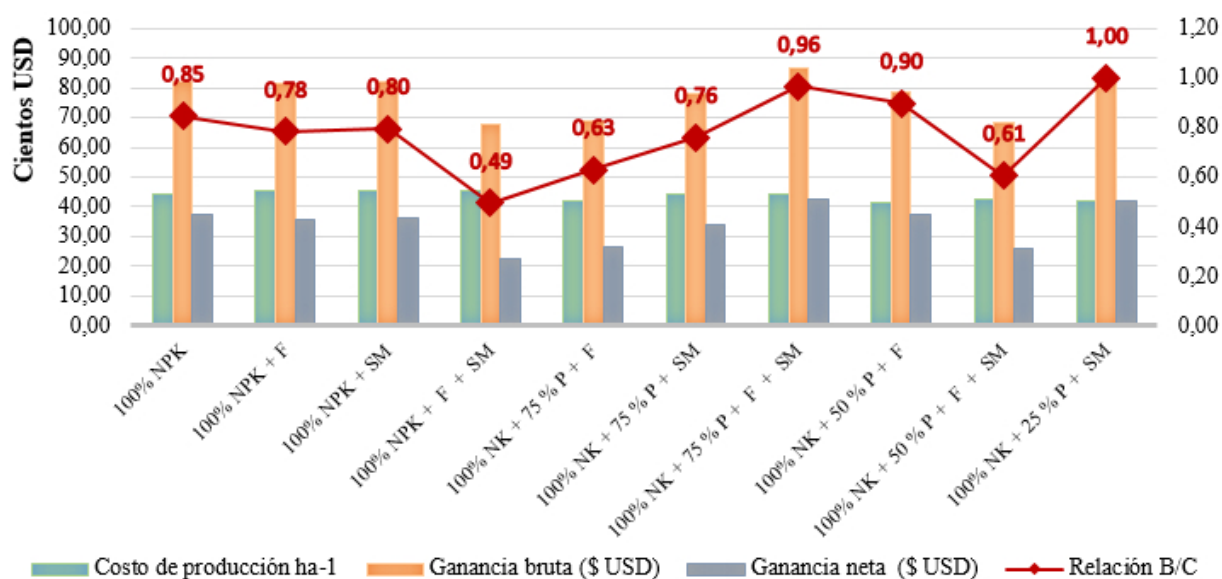
CONCLUSIONES

1. Las combinaciones empleadas como alternativas de fertilización en la presente investigación con mejores resultados

productivos fueron el tratamiento 4 (equivalente a 135 kg ha⁻¹ de N, 251,25 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O combinado con Fosfotic y Safer micorrizas) y el 10 (equivalente a 135 kg ha⁻¹ de N, 83,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O combinado con Safer micorrizas), las cuales no mostraron diferencias significativas en ninguna de las variables estudiadas, con la dosis de fertilización química que se emplea en la región.

2. La eficiencia en la absorción del fósforo por los tratamientos con mejores resultados y su significativa relación demostrada en la regresión doble recíproca con la producción de los tubérculos y su calidad, evidencian la importancia de este elemento para la papa y la efectividad de las combinaciones de biofertilización estudiadas como alternativas viables para sustituir la fertilización química.

3. El análisis económico demostró la factibilidad de introducir las mejores alternativas del estudio en la producción de papa en el Carchi, siendo superiores los beneficios económicos en los tratamientos 4 (equivalente a 135 kg ha⁻¹ de N, 251,25 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O



Las reducciones de 75 %, 50 % y 25 % de P equivalen a 251,25, 167,5 y 83,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente
Las letras F y SM identifican a los biofertilizantes empleados, F: Fosfotic, SM: Safer micorrizas

Figura 2. Análisis económico por hectárea de cada tratamiento (La dosis de la región es de 135 kg ha⁻¹ de N, 335 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O)

combinado con Fosfotic y Safer micorrizas), 8 (equivalente a 135 kg ha⁻¹ de N, 167,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O combinado con Fosfotic) y 10 (equivalente a 135 kg ha⁻¹ de N, 83,75 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 225 kg ha⁻¹ de K₂O combinado con Safer micorrizas), los cuales presentaron una relación beneficio costo por encima de 0,90, superior al tratamiento con fertilización química.

BIBLIOGRAFÍA

- CARVAJAL, J. M. y MERA, A. C. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + Limpia*, 5 (2): 77-96.
- FERNANDES, A. M., SORATTO, R. P., MORENO, L. A. y EVANGELISTA, R. M. 2015. Effect of phosphorus nutrition on quality of fresh tuber of potato cultivars. *Bragantia, Campinas*, 74 (1): 102-109.
- GARZÓN, L. P. 2016. Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la Amazonia colombiana. *Revista Luna Azul*, 42: 217-234.
- GRAY, J.T. y SCHLESINGER, W.H. 1983. Nutrient use by evergreen and deciduous shrubs in southern California. *J Ecol.*, 71: 43-56.
- LEÓN, M., MAFLA, S., MEJIA, A., *et al.* 2015. Caracterización de Suelos con Distinto Manejo en la Zona de Carchi (Ecuador). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador.
- LUNA, R., ESPINOSA, K., TRÁVEZ, R., *et al.* 2016. Respuesta de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a la aplicación de abonos orgánicos y fertilización química. *Ciencia y Tecnología*, 9 (1): 11-16.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2018. Precio de los productos agrícolas. SINAGAP, Quito, Ecuador.
- MORA, S. R., AGUILA, E., RUIZ, Y., *et al.* 2018. Alternativas de bio-fertilización sobre indicadores morfológicos y productivos de *Solanum tuberosum* L. en Andisoles del Carchi-Ecuador. *Centro Agrícola*, 45 (3): 44-50.
- NEGRETE, A. M. 2011. Evaluación del efecto de dos tipos de fertilización en los rendimientos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Pichincha - Ecuador. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Agroempresas, Quito, USFQ, 44 p. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/727>
- PÉREZ, A., ROJAS, J. y MONTES, D. 2011. Hongos formadores de micorrizas arbusculares: una alternativa biológica para la sostenibilidad de los agroecosistemas de praderas en el caribe colombiano. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.*, 3 (2): 366-385.
- PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Centro Internacional de la Papa (CIP), Quito, 231 pp.
- PUMISACHO, M. y VELÁSQUEZ, J. 2009. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Quito, Ecuador, INIAP-COSUDE.
- RAMÍREZ, A., OTÁLVARO, D., ÁLVAREZ, C., *et al.* 2001. Efectos de organismos rizosféricos sobre la absorción de fosfato y el crecimiento de *Leucaena* en un Andisol. *Suelos Ecuatoriales*, 31 (2): 239-243.
- SERNA GÓMEZ, S. L. 2013. Efecto de la inoculación conjunta con hongos micorrizales y microorganismos solubilizadores de fósforo en plantas de aguacate. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en Geomorfología y

Suelos, Universidad Nacional de Colombia,
Facultad de Ciencias, 80 p.

USDA (Departamento de Agricultura de los
Estados Unidos) y NRCS (Servicio de
Conservación de Recursos Naturales). 2014.

Claves para la Taxonomía de Suelos Soil
Survey Staff. Décimo-segunda Edición. 400 p.
En sitio web: [https://www.nrcs.usda.gov/
Internet/FSE_DOCUMENTS/
nrcs142p2_051546.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf) Consultado el
21/08/2019.

Recibido el 21 de agosto de 2019 y Aceptado el 26 de septiembre de 2019