

## DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DE MICORRIZAS EN LOS CULTIVOS DE PAPA (*Solanum tuberosum*) Y QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) AFECTADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MUNICIPIO DE PATACAMAYA

### Population distribution of mycorrhizae in the crops of potatoes (*Solanum tuberosum*) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) affected by climate change in the municipality of Patacamaya

Eloy Guillermo Álvarez Choque<sup>1</sup>; Emilio García Apaza<sup>2</sup>

#### RESUMEN

La escasa producción en el altiplano es resultando en una pobre adsorción de nutrientes, superado con el manejo de los suelos en descanso, y esto indirectamente influye en la población de micorrizas. Los objetivos del trabajo son a) determinar la densidad poblacional de micorrizas en los cultivos de papa y quinua, b) analizar la variabilidad de la precipitación y su relación con la población de micorrizas y c) evaluar la relación poblacional de micorrizas con el rendimiento. La investigación se desarrolló en las comunidades de Alto Patacamaya y Collpa Huancarani, la metodología consistió en la toma de muestras de suelo rizosférico de parcelas de papa y quinua para su análisis en laboratorio. La mayor densidad de micorrizas se halla en los suelos del cultivo de papa en Alto Patacamaya con 684 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo, en Collpa Huancarani con 652 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo. En el cultivo de quinua la mayor densidad de micorrizas fue en Alto Patacamaya con 292 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo, en Collpa Huancarani con 276 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo. Para el cultivo de papa, en Alto Patacamaya precipitación fue de 5.56 mm, humedad del 5.9% y 684 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo; en Collpa Huancarani la precipitación fue 4.9 mm, humedad de 5.2% y 652 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo. Para el cultivo de quinua, en Alto Patacamaya hubo una precipitación de 2.7 mm, humedad de 3.0% y 292 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo, en Collpa Huancarani la precipitación fue 3 mm, humedad del 3.4% y 276 esporas 100g<sup>-1</sup> de suelo. La correlación de influencia de micorrizas en el rendimiento de papa y quinua, fue de  $R^2 = 0.0056$  para Alto Patacamaya y  $R^2 = 0.2661$  para Collpa Huancarani. La investigación muestra diferencias en la población de micorrizas en el cultivo de papa y quinua, como también en las comunidades de estudio.

**Palabras clave:** micorrizas, suelo, precipitación, humedad, rendimiento.

#### ABSTRACT

The low production in the highlands is resulting in poor nutrient adsorption, overcome with the management of soils at rest, and this indirectly influences the mycorrhiza population. The objectives of the work are a) to determine the population density of mycorrhizae in potato and quinoa crops, b) to analyze the variability of precipitation and its relation to the mycorrhiza population, and c) to evaluate the population relation of mycorrhizae with yield. The research was developed in the communities of Alto Patacamaya and Collpa Huancarani, the methodology consisted in taking samples of rhizospheric soil from potato and quinoa plots for laboratory analysis. The highest density of mycorrhizae is found in the soils of the potato crop in Alto Patacamaya with 684 spores 100g<sup>-1</sup> of soil, in Collpa Huancarani with 652 spores 100g<sup>-1</sup> of soil. In the quinoa crop the highest mycorrhizal density was in Alto Patacamaya with 292 spores 100g<sup>-1</sup> of soil, in Collpa Huancarani with 276 spores 100g<sup>-1</sup> of soil. For potato cultivation, in Alto Patacamaya precipitation was 5.56 mm, humidity of 5.9% and 684 spores 100g<sup>-1</sup> of soil; in Collpa Huancarani the precipitation was 4.9 mm, humidity of 5.2% and 652 spores 100g<sup>-1</sup> of soil. For the cultivation of quinoa, in Alto Patacamaya there was a rainfall of 2.7 mm, humidity of 3.0% and 292 spores 100g<sup>-1</sup> of soil, in Collpa Huancarani the precipitation was 3 mm, humidity of 3.4% and 276 spores 100g<sup>-1</sup> of soil. The correlation of mycorrhizal influence on potato and quinoa yield was  $R^2 = 0.0056$  for Alto Patacamaya and  $R^2 = 0.2661$  for Collpa Huancarani. The research shows differences in the population of mycorrhizae in the cultivation of potatoes and quinoa, as well as in the study communities.

**Keywords:** mycorrhizae, soil, precipitation, humidity, yield.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. eloy-pitufu2014@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

El 33% territorio Boliviano corresponde a la región del Altiplano, una macro unidad fisiográfica de relieve moderado, clima semiárido y extremadamente variable, se caracteriza por presentar riesgos climáticos muy altos, presencia de heladas que producen la pérdida total de las cosechas, granizos que causan daños en los cultivos, además las precipitaciones son escasas e irregulares.

En el Altiplano Central boliviano con suelos semiáridos y de mucha altura, resulta determinante la asociación endomicorrízica de tipo vesículo-arbuscular (VA) para la absorción de nutrientes. La población de microorganismos presentes en el suelo indica la actividad biológica del lugar. Los escasos estudios de hongos micorrizógenos en el ecosistema del Altiplano solo se refieren a levantamientos de la presencia de micorrízicos arbusculares con el tiempo de descanso (Sivila y Herve, 1994).

Las micorrizas tienen importancia en la alimentación de la planta, adaptación a diferentes condiciones edáficas y su ciclo de vida, formación y mantenimiento de la estructura del suelo, crucial para la infiltración del agua, procesos de reciclaje de nutrientes y resistencia contra la erosión misma, debida a su ubicación en la interface planta-suelo, las micorrizas deben tomarse en cuenta en los estudios del impacto del cambio climático sobre los ecosistemas (Guerrero, 1997).

En consecuencia es necesario conocer la relación de la población de micorrizas con la producción y el manejo de suelo, ya que puede existir una relación directa con el mejoramiento de su fertilidad. Por lo que se hace una comparación de las poblaciones de micorrizas en dos sistemas de producción, en las comunidades de Alto Patacamaya y Collpa Huancarani del municipio de Patacamaya frente a un escenario de cambio climático, es decir, de variaciones de temperaturas y precipitación.

Los objetivos del trabajo de investigación son a) determinar la densidad poblacional de micorrizas en los cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), b) analizar la variabilidad de la precipitación y su relación con la población de micorrizas en las parcelas de papa y quinua y c) evaluar la relación poblacional de micorrizas con el rendimiento de papa y quinua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo se realizó en las comunidades Collpa Huancarani y Alto Patacamaya del municipio Patacamaya, provincia Aroma del departamento de La Paz. Se sitúa a una distancia de 101 km de la sede de gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz-Ururo, a una altitud promedio de 3789 m s.n.m. Collpa Huancarani se encuentra ubicada en una zona de puna húmeda, se caracteriza por tener suelos franco arcilloso, con pH ligeramente ácido a neutro, la profundidad de la capa arable es de 20 a 30 cm.

La comunidad de Alto Patacamaya se encuentra ubicada en una puna seca con las siguientes características: franco arcilloso, con pH ligeramente básico a neutro, la profundidad de la capa arable es de 30 a 45 cm, la humedad del suelo es baja, razón por la cual la agricultura que se practica es en condiciones de a secano.

### Metodología

Para el muestreo de suelos, se aplicó la técnica del transecto en zigzag (método punto intersección), se tomaron muestras de 500 g de suelo rizosférico, a una distancia constante de 5 m, el transecto en zigzag fue dentro de un cuadrante de 50 m<sup>2</sup>, representativo para el área de cultivo. Se obtuvieron seis muestras de cada parcela, haciendo un total de 18 muestras por cultivo de papa y quinua, con un total de 36 muestras por comunidad.

Los suelos muestreados en campo fueron analizados en el laboratorio de la Facultad de Biología de la Universidad Mayor de San Andrés. Para el conteo de las esporas, se pesaron 25 g de suelo, su análisis fue mediante la aplicación del método Gerdemann y Nicholson (1963) citado por Fernández (2003), el cual comprende el tamizado de los suelos después de un proceso de decantación en húmedo. En el empleo de este método, se tuvo mucho cuidado en evitar salpicaduras que pueden incidir en los resultados.

La densidad poblacional de micorrizas, fue mediante el conteo del número de esporas en 25 g de suelo rizosférico, el cual después fue interpolado a 100 g de suelo para efectos de comparación con otras investigaciones.

Para determinar el rendimiento del cultivo de papa, se realizó el peso de los tubérculos por planta, el rendimiento del cultivo de quinua fue determinado mediante el peso de la panoja durante el proceso de muestreo. La determinación del número de esporas bajo la variabilidad de la precipitación, fue efectuada con la medición del contenido de humedad en el suelo de las distintas parcelas de ambas comunidades en los cultivos de papa y quinua. Para la precipitación se tomaron los datos durante el tiempo que se realizó la investigación proveniente de la estación de Patacamaya.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad poblacional de micorrizas

#### Cultivo de papa

En la comunidad de Alto Patacamaya se tuvo 171 esporas  $25\text{ g}^{-1}$  de suelo (684 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo), similar a la comunidad de Collpa Huancarani con 163 esporas  $25\text{ g}^{-1}$  de suelo (652 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo). La población de micorrizas tuvo altas probabilidades de infectar a la raíz de la planta, debido a que anualmente las raíces están presentes para la interacción. Investigaciones realizadas en el municipio de Patacamaya muestran que existe rotación de cultivos, mostrando un promedio de 1270 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo con siembra de papa en el año de estudio, en la rotación anterior con el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare*) el número de esporas fue 1050 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo y con avena (*Avena sativa*) 1100 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo, la investigación mostró 668 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo Fernández (2003), valor aproximado al número encontrado en la presente investigación.

Esta diferencia se debe principalmente al número de años de uso de las parcelas de estudio, dichos autores utilizaron parcelas de hasta 25 años de descanso, en la presente investigación se utilizaron parcelas en pleno uso, confirmando que el descanso es un factor en la recuperación de la fertilidad del suelo. El Instituto de Ecología y la ORSTOM observaron que existe entre 980 y 1200 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo (Sivila y Herve, 1999), mientras que con la presente investigación se tuvo 684 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo.

#### Cultivo de quinua

En la comunidad de Alto Patacamaya, para el cultivo de quinua, se tiene 73 esporas  $25\text{ g}^{-1}$  suelo (292 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo), en la comunidad de Collpa Huancarani fue 69 esporas  $25\text{ g}^{-1}$  suelo (276 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo). Se observa que no existe una diferencia significativa entre las parcelas de ambas comunidades. Estos resultados se atribuyen a las similitudes fisiológicas y de interacción en la población de micorrizas, el cultivo anterior fue papa que afectó la infección de la raíz de la planta y la población de micorrizas. Estudios realizados en Patacamaya por Sivila y Herve (1999) mostraron que los cultivos de avena tienen 1200 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo y entre 700 a 900 esporas  $100\text{ g}^{-1}$  de suelo para el cultivo de quinua.

### Precipitación y su relación con la población de micorrizas

#### Cultivo de papa

La Figura 1 muestra la relación del número de esporas por cada 25 g de suelo con la precipitación y humedad en la comunidad de Alto Patacamaya en los cultivos de papa. En la primera parcela hubo una precipitación 5.7 mm, humedad gravimétrica de 6.2% y 163 esporas, en la segunda parcela la precipitación fue de 5 mm con una humedad gravimétrica de 5.3% y 177 esporas, en la tercera parcela hubo una precipitación de 6 mm con una humedad de 6.3% y 173 esporas, esto muestra una relación significativa entre el número de esporas y la precipitación, a mayor precipitación y humedad existe menor número de esporas y a menor precipitación y humedad existe mayor número de esporas.

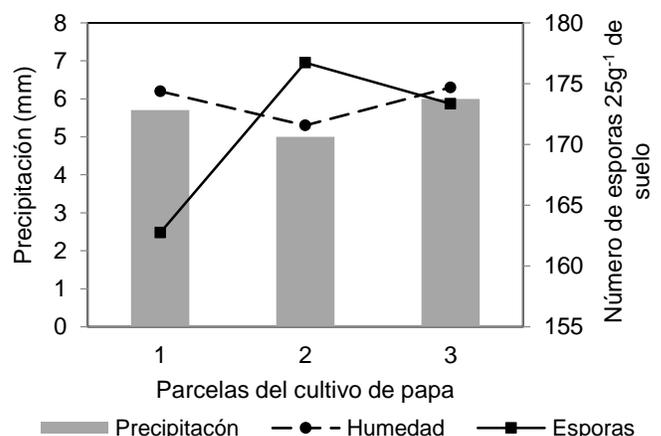


Figura 1. Relación del número de esporas, con la precipitación en las parcelas de Alto Patacamaya para el cultivo de papa.

La reproducción de las esporas depende de la probabilidad de encontrar raíces para infectarlas, esto depende de las cercanías de las plantas hospederas en su densidad radicular. La cantidad de esporas está relacionada con la precipitación, sólo si estas pueden acceder a un hospedero; si la cantidad de humedad en el suelo, producto de la precipitación es constante, se asume que la población de micorrizas depende del hospedero como las cercanías de una planta.

Pérez et al. (2006) muestran que existe una relación de la cantidad de agua con el número de esporas entre observaciones de parcelas sometidas bajo riego y a secano, dando a entender una relación asintótica entre el contenido de humedad en el suelo y la población de esporas. Estos hongos pueden conferir ventajas competitivas a las especies de plantas micorrizadas, dado que, los hongos constituyen un intermediario entre las plantas y el suelo facilitándole a esta, incrementos en la absorción de nutrientes y la tolerancia a la sequía y no así a la humedad (Newshan et al., 2000).

La Figura 2 muestra la relación del número de esporas por cada 25 gramos de suelo con la precipitación y la humedad diaria en la comunidad de Collpa Huancarani en los cultivos de papa. En la primera parcela se tuvo una precipitación 3.8 mm, humedad del 4.3% y 175 esporas, en la segunda parcela la precipitación fue de 5 mm, humedad de 5.3% y 160 esporas, en la tercera parcela la precipitación fue de 5.9 mm con una humedad gravimétrica de 6.2% y 153 esporas, existe una relación significativa entre el número de esporas, humedad y las precipitaciones, llegándose a confirmar la relación hallada para el cultivo de papa.

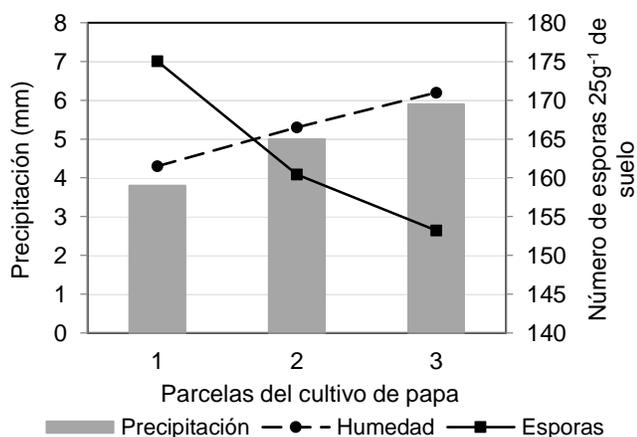


Figura 2. Relación del número de esporas, con la precipitación en las parcelas de Collpa Huancarani en el cultivo de papa.

Este comportamiento se debe a que las esporas se reproducen con mayor lentitud en presencia de humedad abundante, esto producto de la precipitación constante. Smith y Read (2008), evidenciaron que las plantas asociadas a hongos formadores de micorrizas, tienen ciertas ventajas, como mayor y eficiente captación de nutrientes, protección contra patógenos de plantas o contra la falta o exceso de agua, lo cual incide en una mayor o menor reproducción de esporas.

Ferreira et al. (2011) señalan que las micorrizas y las infecciones responden negativamente a una humedad muy alta por la falta de oxígeno, procesos de descomposición orgánica y el conjunto de sustancias producidas en este proceso, que inhiben la colonización de las micorrizas, en estas circunstancias se encuentran valores de infección muy bajos.

### Cultivo de quinua

La relación del número de esporas por cada 25 g de suelo con la precipitación diaria y la humedad del suelo en la comunidad de Alto Patacamaya, muestra que en la primera parcela la precipitación fue de 3.8 mm, humedad gravimétrica de 4.3% y 58 esporas, en la segunda parcela la precipitación fue de 2.3 mm, humedad gravimétrica de 2.6% y 79 esporas, en la tercera parcela la precipitación fue de 2.0 mm, humedad gravimétrica de 2.3% y 83 esporas, afirmándose la relación indicada para el cultivo de papa (Figura 3).

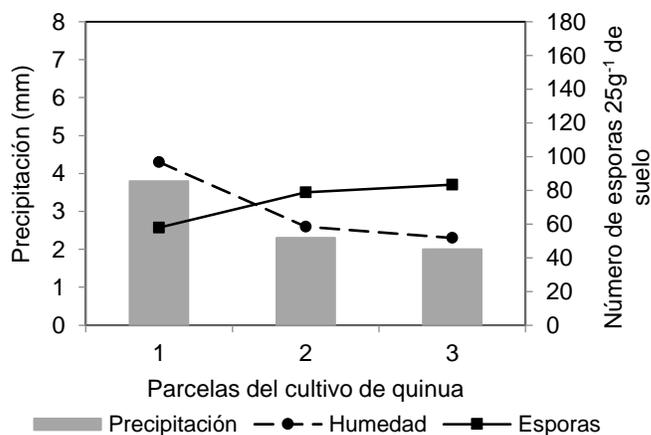


Figura 3. Relación del número de esporas, con la precipitación en las parcelas de Alto Patacamaya en el cultivo de quinua.

En la época seca existe mayor cantidad de esporas, en comparación con la época húmeda, en una proporción de 182 y 56 esporas por muestra de suelo respectivamente, debido a que en la época seca se tuvo mayor colonización en la planta (Báez et al., 2015).

Ruiz-Lozano y Azcón (1995) señalan que la formación de micorrizas juega un papel importante en el crecimiento de las plantas bajo condiciones de estrés hídrico, sobre todo en aquellas plantas que se exponen por un largo período de tiempo a la sequía. Estas plantas logran desarrollar una capacidad de absorción superior, que les permite absorber mayor cantidad de nutrientes y agua, bajo estas condiciones, ya no se mueve por efecto de masa sino por aumento de la "pseudo difusión" ocurriendo de hecho una irrigación en la planta que entre otras cosas, mantiene a las hifas del hongo, aún en condiciones adversas, desarrollando satisfactoriamente la asociación planta-micorriza.

La Figura 4 muestra la relación del número de esporas por cada 25 g de suelo con la precipitación diaria en la comunidad de Collpa Huancarani en los cultivos de quinua. Debido a las precipitaciones aisladas en el periodo de investigación, la primera parcela tuvo una precipitación casi nula de 1.0 mm con una humedad gravimétrica del 1.5% y 70 esporas, en la segunda parcela la precipitación fue de 4.5 mm con 4.8% de gravimétrica y 66 esporas, en la tercera parcela existió una precipitación de 3.5 mm, humedad gravimétrica de 3.8% y 71 esporas. Llegando a la afirmación anteriormente descrita.

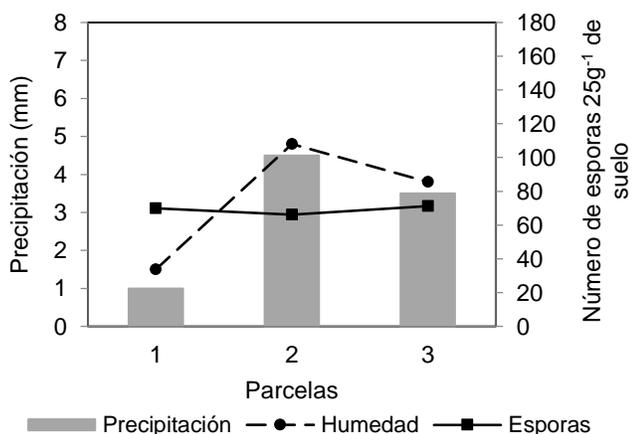


Figura 4. Relación del número de esporas, con la precipitación en las parcelas de Collpa Huancarani en el cultivo de quinua.

Esto se debe a que las esporas se reproducen con mayor lentitud en presencia de mayor humedad y precipitación, como también por la rotación, los cuidados en la parcela como las labores culturales y riego.

Según Khanam (2006), la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes influyen en la colonización de la micorriza. Daniels y Trappe (1980) anunciaron que el contenido de agua por encima de la capacidad de campo favorece la germinación de esporas de hongos micorrizógenos.

### Relación de la poblacional de micorrizas con el rendimiento

#### Cultivo de papa

El número de esporas con la precipitación y la humedad es bajo, esto se atribuye a que al momento de tomar de muestra, la precipitación tuvo mayor intensidad en el lugar, provocando lenta reproducción de esporas, no hubo una relación directa entre la espora y la planta, también se debe a que el cultivo antecesor a la quinua dejó residuos de esporas, que fueron observados en la presente investigación.

La Figura 5 muestra la relación del número de esporas con el rendimiento de papa en la comunidad de Alto Patacamaya, la pendiente es positiva con una correlación de  $R^2 = 0.0056$ , indicando que por cada 500 unidades de incremento de esporas existe un aumento  $0.2 \text{ t ha}^{-1}$  en el rendimiento del cultivo de papa.

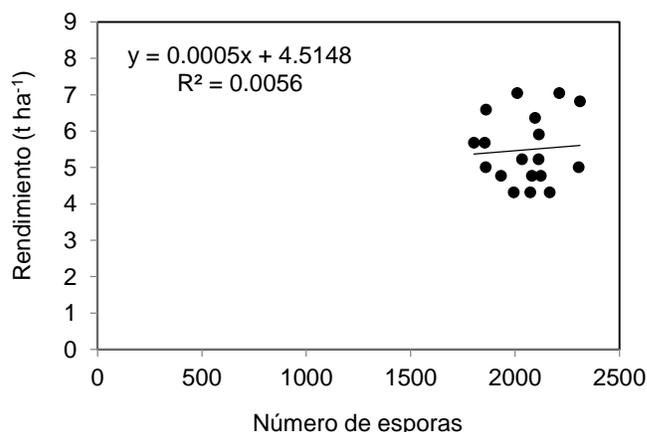


Figura 5. Relación del número de esporas con el rendimiento de papa, en la comunidad de Alto Patacamaya.

El número de esporas aumenta en la rizósfera de la planta, gracias a las condiciones ambientales, existió una correcta esporulación. Según Rojas y Ortuño (2007) la producción de biomasa de papa y su relación con la presencia de micorrizas puede variar por el bajo porcentaje de frecuencia e intensidad de

colonización que presentan las raíces del cultivo de papa, lo que disminuye la efectividad de la simbiosis y la producción de biomasa.

La relación del número de esporas con el rendimiento de papa en la comunidad de Collpa Huancarani, señala una pendiente positiva con una correlación de  $R^2 = 0.2661$  (Figura 6), denotando que por cada 500 unidades de incremento de esporas existirá un aumento de  $1.5 \text{ t ha}^{-1}$  en el rendimiento del cultivo de papa. Este comportamiento se debe a que el cultivo se encontraba en un proceso de incremento poblacional de micorrizas y a la homogeneidad de las plantas en el momento del muestreo.

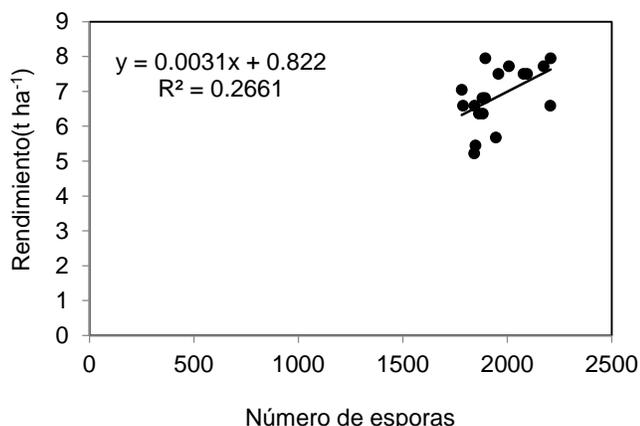


Figura 6. Relación del número de esporas con el rendimiento de papa, en la comunidad de Collpa Huancarani.

Bethlenfalvai y Linderman (1999), señalaron que las micorrizas incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extraradicales, cuyo pequeño tamaño le permite entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo.

Al respecto, Gómez (2000) señala que las micorrizas influyen sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que sus hifas crecen en el suelo, aumentando el volumen de suelo total, permitiendo la absorción fuera de la zona de agotamiento de las raíces.

#### Cultivo de quinua

La Figura 7 muestra la relación del número de esporas con el rendimiento de quinua en la comunidad de Alto Patacamaya. Se puede observar que tiene una pendiente positiva y una correlación de  $R^2=0.0505$ ,

indicando que por cada 100 unidades de incremento de esporas existirá un aumento de  $0.04 \text{ t ha}^{-1}$  en el rendimiento del cultivo de quinua.

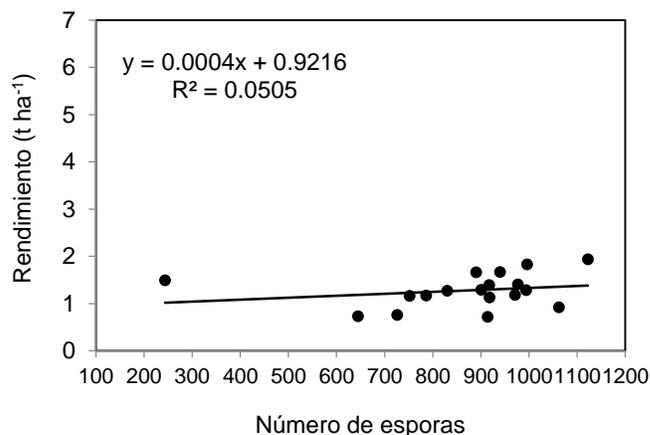


Figura 7. Relación del número de esporas con el rendimiento de quinua, en la comunidad de Alto Patacamaya.

Este comportamiento se debe a que la planta se encontraba en un proceso de esporulación, en la fase fenológica de la quinua en el momento que se realizó el muestreo. Según Sieverding (1991), los hongos micorrizicos arbusculares son simbiontes obligados, los cultivos no micorrizicos como las (*Chenopodiaceae*) hacen descender el número de propágulos infectivos disponibles para el cultivo siguiente.

Según Bilbao (2007), la quinua tiene saponina, por lo tanto la infección de raíces, no podría darse en mayores porcentajes, aunque se sabe que estos microorganismos, entre los cuales se encuentran las micorrizas, suelen ser utilizados como biofertilizantes, ya sea por su aporte de determinados nutrientes, como por estimular el desarrollo de las raíces, favoreciendo su exploración del suelo y mejorando de esta manera la absorción de agua y nutrientes, por lo que no estaría descartado realizar más pruebas de investigación al respecto.

La Figura 8 muestra la relación del número de esporas con el rendimiento de quinua en la comunidad de Collpa Huancarani, se tiene pendiente positiva y una correlación de  $R^2 = 6 \text{ E}^{-6}$ , se denota que por cada 100 unidades de incremento de esporas se tendría un aumento casi nulo de  $0.0007 \text{ t ha}^{-1}$  en el rendimiento del cultivo de quinua.

El comportamiento puede deberse a que la planta se encontraba en un proceso de esporulación, en la fase

fenológica de la quinua en el momento que se realizó el muestreo respectivo

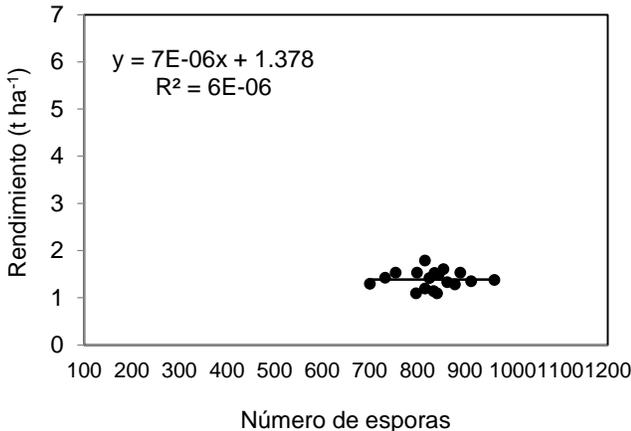


Figura 10. Relación del número de esporas con el rendimiento de quinua, en la comunidad de Collpa Huancarani.

Según Naturlink (2015) la subfamilia Chenopodioideae (quinua, amaranto, espinacas, remolacha) no desarrolla micorrizas, tampoco las crucíferas brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck), coles, (*Brassica oleracea* var. *Capitata*), coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), mostaza (*Sinapis alba*) ya que desprenden ácido mostáxico, que es un fungicida.

Según Sivila y Herve, (1994) los terrenos de descanso donde el último cultivo de la rotación fue quinua, presentan efecto depresivo en cuanto al contenido total de la microflora del suelo.

## CONCLUSIONES

El mayor número de esporas en los cultivos de papa fue en la comunidad de Alto Patacamaya con 171 esporas, en comparación de la Comunidad de Collpa Huancarani con 163 esporas. En los cultivos de quinua el mayor número de esporas se encontró en la comunidad de Alto Patacamaya con 73 esporas y la comunidad de Collpa Huancarani con 69 esporas.

Un factor determinante en la diferenciación de poblaciones de micorrizas entre la papa y la quinua es la variación de precipitación y condiciones de humedad que varía el número de esporas.

Existe una dependencia en el número de esporas en los cultivo de papa y quinua con los pesos de tubérculo

de papa y el peso de grano de quinua con los rendimientos. Para los cultivos de papa en la comunidad de Alto Patacamaya, se observa que a un incremento de 500 esporas existirá un incremento en el rendimiento de 0.2 t ha<sup>-1</sup>; en la comunidad de Collpa Huancarani existirá un incremento de 1.5 t ha<sup>-1</sup>. Para los cultivos de quinua en la comunidad de Alto Patacamaya se observa que a un incremento de 100 esporas existirá un incremento en el rendimiento de 0.04 t ha<sup>-1</sup>; en la comunidad de Collpa Huancarni existió un rendimiento casi nulo de 0.0007 t ha<sup>-1</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

- Báez, A., Gómez, M., Villegas, J., De la Barrera, E., Carreto, L., Linding, R. 2015. Inoculación con hongos micorrízicos y fertilización con urea de plantas de *Fraxinus uhdei* en crisoles provenientes de sitios degradados. *Botanical Sciences*, v. 93, n. 3. 501-508.
- Berthlenfalvay, G., Linderman. 1999. Mycorrhizae and crop productivity. *Horticultural Crop Reserch Laboratory. USDA-ARS*. pp. 1-27.
- Bilbao. 2007. Micorrizas en trigo, en el Sudeste de Buenos Aires. Campaña 2007/08. ATR Grupo Regional Aapresid Necochea.
- Daniels, B., Trappe, J. 1980. Factors affecting spore germination of vesicular-arbuscular micorrhiza fungus, *Glomus epigaeus*. *Micología*. 72: 457- 471.
- Fernández, F. 2003. El manejo efectivo de simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. La simbiosis micorrízica arbuscular. Ediciones INCA. pp. 13-44.
- Ferreira, E., Sellés G., Gil, P. 2011. Asfixia radicular en huertos de paltos: manejo del riego y suelo. INNOVA Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA 231. pp. 11-14.
- Guerrero, G. 1997. Utilización de algunas variantes de infección micorrízica en posturas de cafeto. INCA. La Habana. Cuba. 187 p.
- Gómez, O. 2000. Mejora Genética y Manejo del cultivo del Tomate para la producción en el Caribe. La Habana. I.I.H. MINAG, 32 p.
- Khanam, A. 2006. Effect of edaphic factor in the root colonization and spore population of arbuscular

mycorrhizal fungi. Bulletin Institute Tropical Agriculture, 29: 97-104.

Naturlink, S. 2015. Inoculo de micorriza. Disponible en: [www.vdevegetal.com/inoculo-de-micorriza-beneficios-y-como-hacerlo/](http://www.vdevegetal.com/inoculo-de-micorriza-beneficios-y-como-hacerlo/). Consultado el 18 marzo 2015.

Newshan, K., Watkinson, A., West, H., Fitter, A. 2000. Symbiotic fungi determine plant community structure: changes in a lichen-rich community induced by fungicide application. Functional Ecology (9): pp. 442-447.

Páez, O., Guerrero, G. 2006. Las Micorrizas: Alternativa Ecológica para una Agricultura Sostenible. Disponible en: [http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index\\_es.jsp](http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp). Consultado el 3 octubre 2015.

Rojas, K., Ortuño, N. 2007. Evaluación de micorrizas arbusculares en interacción con abonos orgánicos como coadyuvantes del crecimiento en la producción hortícola del Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. Acta Nova. v.3 n.4. 697-719.

Ruiz-Lozano, M., Azcón, R. 1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. Physiología Plantarum. v. 95, n. 3. 472-478.

Sivila, C., Herve, D. 1994. El estado microbiológico del suelo, indicador de una restauración de la fertilidad. Dinámicas del descanso de la tierra de los Andes. Dominique Herve, Didier Genin y Gilles Riviere (ed). IBTA-ORSTOM. pp. 185-195.

Sivila, C., Herve, D. 1999. Análisis de la microbiota en suelos cultivados del Altiplano Central. Memorias Primer Congreso Boliviano de la Ciencia del Suelo. La Paz, Bolivia. pp. 5-14.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhizal management in tropical agrosystem. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany. 371 p.

Smith, S., Read, D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, Elsevier Edition. Third Edition. pp. 10-90.

Artículo recibido en: 2 de marzo 2018

Aceptado en: 29 de mayo 2018