

Caracterización de hongos MA en terrenos en descanso en el Altiplano Central de Bolivia

García-Apaza, E.^{1, 2, 3*}, Angulo Veizaga, W.¹, Mena Herrera, F.C.³, Catari Quiroga, R.M.³, Cachi Torrez, I.R.³, Mamani Ramirez, J.³, Manriquez Ticona, E.L.³, Condori Apanqui, R.³, Conde Viscarra, E.³, Tarqui Aruquipa, N.³

¹ Instituto de Investigaciones Agronómicas, Ambientales y del Cambio Climático. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

² Postgrado en Ciencias del Desarrollo (CIDES), UMSA

³ Estación Experimental de Patacamaya, Universidad Mayor de San Andrés

*Autor para correspondencia, e-mail: e.garcia@ua.es

Resumen

En el altiplano central de Bolivia los campesinos desarrollaron un sistema de rotación comunal que incluye un descanso de la tierra de 3 a 23 años debido a que los suelos se encuentran pobres en nutrientes. Estos terrenos son colonizados por plantas nativas como *Baccharis incarum*, y otras especies pioneras. El presente trabajo se realizó en las comunidades de Patarani y Chiaraque, en el departamento de La Paz. En parcelas con diferentes años de descanso, se ha caracterizado la población de micorrizas, organismos indicadoras de recuperación de suelos. En número de esporas de hongos MVA mostro que se incrementa a medida que aumenta los años de descanso de los terrenos. Se identificó tres géneros de esporas de hongos MVA *Glomus*, *Gigaspora* y *Scutellospora*, estando presente en mayor cantidad el primero.

Palabras clave: Micorrizas, hifa, espora, MVA.

Abstract

In the Central Highland of Bolivia, farmers developed a system of communal rotation that includes fallow for 3-23 years because the soils are poor in nutrients. Native plants such as *Baccharis incarum* and other pioneers species colonize these areas. The study was located in Aroma province in La Paz. We identify the fallow plots and mycorrhiza population was evaluated. The number of MVA spores from rhizospheric soil showed an increment as increment the fallow years. *Glomus*, *Gigaspora* and *Scutellospora* were identified as principal MVA fungus on those soils.

Keywords: Mycorrhiza, fungi, VAM, *Baccharis*.

INTRODUCCION

En el territorio Boliviano se identifican tres macrosistemas: el altiplano norte, el altiplano central y el altiplano sur. Dentro del altiplano central se encuentra la provincia Aroma, que se caracteriza por tener riesgos climáticos muy altos, presencia de heladas que producen la pérdida de cosechas enteras, granizos que causan pérdida de la vegetación, las precipitaciones son escasas e irregulares, se producen prácticas antrópicas como el sobre pastoreo, extracción depredadora de plantas para leña y prácticas en la agricultura.

Los factores climáticos y las prácticas antrópicas hacen que los suelos se queden sin cobertura vegetal, trayendo como consecuencia primero, una erosión eólica en particular en planicies donde en épocas de viento ocurre un arrastre de masas de tierra en forma de nubarrones de polvo; y segundo una erosión hídrica en pendientes, arrastrando la capa arable poco profunda, dejando a los suelos pobres en nutrientes, y por tanto difícil de recuperar su fertilidad, por lo cual los campesinos asentados en estos lugares mantienen en sus parcelas de cultivo un sistema de rotación comunal que incluye un descanso de la tierra de 4 a 23 años, en este sentido en estos terrenos, el descanso parece permitir la recuperación de la fertilidad del suelo.

Es posible identificar tendencias sucesionales como la presencia de especies anuales y oportunistas en los primeros años de descanso como *Erodium cicutarium*, *Bromus catharticus*, *Tagetes multiflora* y *Tarasa tenella*. El aumento de especies de hábito perenne con crecimiento lento y gradual como es la gramínea *Stipa ichu*, diversas especies de *Nassella* y arbustos *Baccharis incarum* y *Parastrephia lepidophylla* se observan en los descansos hasta los 6 años, después incrementan con una tendencia no lineal hasta los 10 y 20 años, dependiendo de la característica edáfica, humedad, ubicación e historia de la parcela (Ortuño, et al., 2006). Estas especies se han adaptado a las condiciones climáticas y edáficas del altiplano. El desarrollo de estas plantas evita la erosión eólica e hídrica de los suelos, actuando como cortina de vientos contra las heladas y da un aporte de materia orgánica.

Las especies como *Baccharis incarum* forman a nivel de su raíz una simbiosis mutualista con los hongos micorrízicos arbusculares, donde los hongos por medio de sus hifas incrementan la superficie de exploración y absorción de todos los elementos minerales pero sobre todo la de los iones menos solubles como el cobre, zinc y principalmente el fósforo, haciendo posible la nutrición de las plantas en suelos poco fértiles, la planta le proporciona al hongo un nicho ecológico (Mosse, 1973; Ferrera, 1989). Son escasos los estudios de hongos micorrizógenos en el ecosistema del altiplano

solo se refieren a levantamientos de la presencia de micorrizas arbusculares en rotación de cultivos del altiplano (Sivila, 1993) y la relación de la presencia de esporas VA con el tiempo de descanso (Sivila y Herve 1994). Otros estudios latinoamericanos sobre micorrizas arbusculares en la cordillera de los andes resalta los estudios en los páramos venezolanos (Montilla et al., 1992) donde manifiestan la importancia de estos hongos en el desarrollo y nutrición de las plantas. Se ha demostrado que las plantas micorrizadas tienen mayor tolerancia a metales tóxicos, patógenos de la raíz, sequía, altas temperaturas, salinidad, pH desfavorable del suelo y al choque por trasplante que sufren las plantas no micorrizadas (Mosse et al., 1981; Bagyaraj, 1990; Bagyaraj and Varma, 1995).

Por estas consideraciones el presente trabajo estableció los siguientes objetivos:

Caracterizar los hongos MA en terrenos en descanso en dos comunidades del altiplano central, aislando y valorando el porcentaje de esporas de hongos endomicorrízicos arbusculares (MA) en terrenos en descanso, e identificando los hongos endomicorrízicos asociados a la rizósfera de las especies presentes en las parcelas en descanso

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción de las áreas de estudio

La investigación se realizó en las comunidades de Chiaraque, Alto Patacamaya y Patarani que se encuentra en el Altiplano Central del Departamento de La Paz, Provincia Aroma, Bolivia. El clima es de tipo tropical frío, los suelos son arenosos, arcillosos, arcillo-arenosos y arcillo-arenolimosos con presencia de piedra en las laderas y pie de laderas, (Brugioni, 1992), con contenidos bajos y moderados de materia orgánica de acuerdo a las características de textura, topografía, color de suelo y vegetación predominante, la mayor parte de superficie cultivable se encuentra entre 3800 y 3950 m.s.n.m.

Se escogieron las comunidades señaladas porque presenta parcelas en diferentes años de descanso, para llevar a cabo la investigación propuesta.

Selección de las parcelas y muestreo.

Tomando en cuenta trabajos anteriores realizados en el altiplano central de Bolivia (Sivila y Herve, 1994), se encontró que las parcelas generalmente tienen 4, 7, 9, 17, 20 y 23 años de descanso, por lo que se eligió en las comunidades elegidas rangos de 2 a 3, 5 a 7 y 9 a 12 años de descanso.

Después de las observaciones en cada parcela de descanso, se seleccionó sitios con plantas que tenían aproximadamente la misma altura (15 cm) y el mismo diámetro de copa (20 cm), completando un total de 6 plantas por cada parcela en descanso con 6 repeticiones haciendo un total de 108 muestras.

Muestreo de suelo rizosférico y raíces

La obtención de suelo rizosférico y raíces se lo realizó según el método de Bohn (1979) el cual permitió obtener muestras de suelo las cuales, se guardó en bolsas de plástico debidamente etiquetadas.

Evaluación de esporas en las muestras de suelo.

Para conocer el número de esporas en el suelo de la parcela en estudio, las 10 sub muestras de suelo rizosférico obtenidas de cada parcela, se mezcló para obtener una muestra compuesta para cada parcela en descanso en la cual se realizó el análisis. Una porción de 25 gr de la muestra compuesta se sometió a la separación de las esporas, utilizando en la primera etapa, el método de Gerdeman y Nicolson (1963) conocida como método del tamizado y decantación en húmedo, en la segunda, etapa para el conteo, una modificación del laboratorio de microbiología del Instituto de Ecología consistente en el empleo de prefracciones de los tamizadores sobre membranas filtrantes para facilitar el conteo de esporas.

Una vez obtenidas las muestras en las membranas filtrantes se llevó al estéreo microscopio para su observación y cuantificación de esporas. La evaluación de esporas de las muestras de suelo, se realizó con seis repeticiones.

Identificación taxonómica de las esporas.

Una vez obtenidas las esporas en las membranas filtrantes se llevó al estéreo microscopio donde con ayuda del manual de Identificación de Hongos Micorrízicos Arbusculares de Schenck y Pérez (1990), se fue separando los géneros de esporas encontrados, para la identificación se tomo en cuenta: color de la espora, la inserción de la hifa a la espora, presencia o ausencia de bulbo, forma del bulbo y tamaño de la espora.

Análisis estadístico.

Los análisis estadísticos utilizados fueron: desviación estándar, error estándar de la media, correlación, regresión, Tukey..

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de esporas de suelo rizosférico de la especie presente en terrenos en descanso.

La evaluación de esporas con la metodología ya explicada los terrenos en descanso de las comunidades de Chiaraque, Patarani y Alto Patacamaya se observan en la Fig. 1.

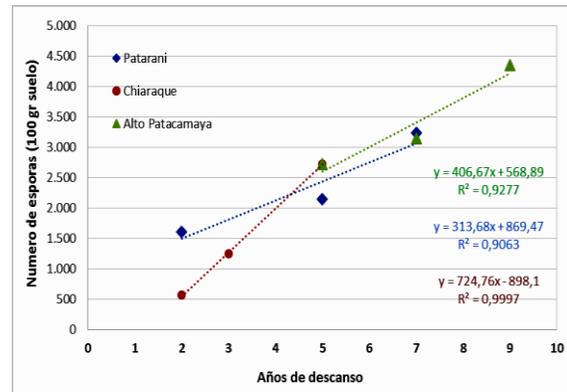


Figura 1. Número de esporas promedio en terrenos en descanso por 100 gr de suelo.

Con la finalidad de conocer entre que años de descanso existe diferencias significativas se realizó la prueba de significancia de Tukey al 1%. Encontrándose diferencias significativas entre: 2-7 años, 2-9 años, 5-9 años y 7-9 años de descanso.

La Fig.1 presenta el número de esporas promedio de 10 repeticiones de las comunidades de Chiaraque, Alto Patacamaya y Patarani en parcelas de 2, 3, 5, 7, 9 años de descanso, donde el número de esporas va incrementándose a medida que va aumentando los años de descanso, mostrándonos que en terrenos de 2 años de descanso el número de esporas es menor con relación a terrenos con 9 años de descanso.

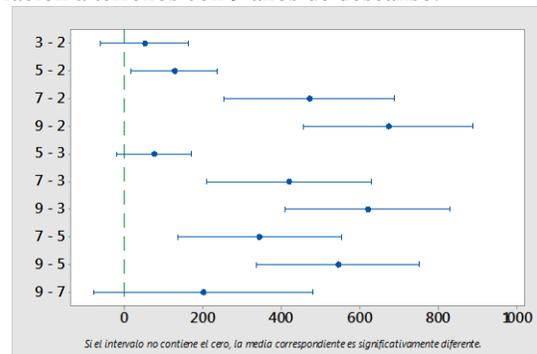


Figura 2. Prueba Tukey para el número de esporas promedio en terrenos en descanso por 100 gr de suelo.

El análisis estadístico por repeticiones nos indica, una correlación positiva y lineal y se comprueba que los descansos de las parcelas tienen un efecto proporcional sobre el número de esporas en el suelo rizosférico. Esta respuesta es corroborada por la prueba de Tukey en un nivel de 1% (Fig. 2).

Este resultado confirma lo establecido por Sivila y Herve (1994) en la zona de Pumani, dentro del mismo municipio, en parcelas en descanso desde 1 año hasta 30 años quienes indican que como consecuencia de la falta de vegetación en primeros años del descanso las esporas de MVA no germinan sino que permanecen en latencia, al no encontrar una planta hospedera y estas acaban pereciendo, una vez establecida la flora nativa las esporas de micorriza VA, presentes en el suelo, son estimuladas por la raíz del hospedero, iniciándose el ciclo vital que permite la reproducción de las esporas en el suelo. Según estudios realizados el factor edáfico, los años de descanso de los terrenos y la edad de la planta también afecta en la cantidad de población de esporas como se ha podido ver en el presente estudio, ya que en presencia de estos factores, la germinación generalmente puede ser buena o mala (Tommerup, 1985). Así mismo se ha estudiado que algunas especies tienen una buena simbiosis con los hongos MVA como *Baccharis incarum*, los mismos han desarrollado adaptaciones ecofisiológicas eficientes como menciona Sivila (1993), por lo que aunque las esporas nativas frente a *Baccharis incarum* en un principio no colonicen abundantemente, a medida que pasan los años de descanso, se nota que la población aumenta en cantidad. Se asume que el número de esporas, parece ser un posible indicador del restablecimiento de la fertilidad biológica del suelo (Sivila y Herve, 1994).

Identificación de las esporas VA con mayor predominancia a nivel de género en suelos de las parcelas de las comunidades de Chiaraque, Alto Patacamaya y Patarani.

Una vez que se identificó las esporas por género, encontramos lo que nos muestra la tabla 1.

Tabla 1. Predominancia de géneros de esporas en 100 gramos de suelo en comunidades del altiplano central.

	<i>Glomus</i>	<i>Gigaspora</i>	<i>Scutellospora</i>
Patarani	4.950	1.435	789
Chiaraque	4.563	1.323	727
Alto Patacamaya	7.070	2.049	1.127

El género de mayor predominancia en los terrenos en descanso estudiados es *Glomus* correspondiendo a un 69 %, *Gigaspora* con 20 % y *Scutellospora* con un 11

% (tabla 1). Los Géneros encontrados se los puede considerar típicos del altiplano boliviano siendo estas mismas las encontradas por Sivila (1993) en Huraco otra área del altiplano, por lo que podrían ser considerados como los géneros que habitan en las condiciones poco favorables del altiplano. La presencia del género *Glomus* es típico también de suelos cultivados (Azcón y Barea, 1980) pero Carneiro *et al.* (1998) afirman que el género *Glomus* es típico de regiones con situaciones menos drásticas.

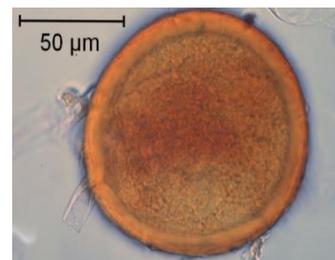
Como el número de esporas en el suelo rizosférico de las plantas aumenta con los años de descanso, estas características indicarían un suelo de condiciones edafológicas adversas y pobres en fertilidad; pero estos resultados también nos presentan un indicador de la fertilidad potencial de los suelos dado que a mayor año de descanso mayor número de esporas, siendo estas posibles indicadoras del restablecimiento de la fertilidad microbiológica del suelo. Estos suelos producen un incremento en la nutrición mineral a través de las hifas, quienes ayudan a explorar un mayor volumen de suelo que los pelos radiculares de las mismas plantas (Rajan *et al.*, 2000). El incremento en la nutrición mineral aumenta los contenidos de clorofilas y como consecuencia una alta tasa fotosintética (Bian *et al.*, 2001; Feng *et al.*, 2002).



Genero Scutellospora



Genero Gigaspora



Genero Glomus

Figura 3. Estructura de los géneros encontrados en las muestras de suelo

Las características físico-químicas del suelo determinan también el grado de colonización de los diferentes géneros, ya que la actividad micorrízica no es la misma en todos los terrenos en descanso, estando afectada por las características edáficas, condiciones climáticas, características morfológicas y fisiológicas, mencionado por Abbot y Robson (1991), acotando a lo mencionado Sivila (1993) indica que la colonización de las raíces de las plantas puede verse afectada por las características climáticas del suelo. Con referencia al factor edáfico, Moyersoen (1993) opina que la variación horizontal y vertical de las propiedades del suelo delimita la distribución espacial de los hongos MVA, de tal manera que a juicio de Janos (1983) y Allen (1996) en una comunidad podrán dominar los individuos preferencialmente micotróficos o no micotróficos en función a la disponibilidad de propágulos nativos (esporas y fragmentos de raíces colonizadas), así como al tipo de especímenes vegetales dominantes en cada paraje y etapa seral (Brown, 1999).

CONCLUSIONES

En base a los objetivos trazados y los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Existe una alta asociación entre el número de esporas y los años de descanso de las parcelas.
- El número de esporas en el suelo rizosférico de las plantas con las características físico-químicas de un terreno en condiciones adversas y pobres en fertilidad, indica que estos hongos MVA juegan un papel en la fertilidad potencial de estos suelos.
- Existe una baja colonización micorrízica en los primeros años de vida de la planta y en los primeros años de descanso de los terrenos.
- El género encontrado en mayor cantidad en las comunidades de Chiaraque, Patarani y Alto Patacamaya fué *Glomus*, seguido de *Gygaspora* y *Scutellospora*.
- La asociación simbiótica entre *Baccharis incarum* y los hongos

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores del presente trabajo agradecen del apoyo del proyecto *Estrategias de adaptación en las cadenas de producción de altura* financiado con recursos Agencia Sueca de Cooperación para el Desarrollo Internacional (ASDI) administrado por el Departamento de Investigación, Postgrado, Gestión e Interacción Social (DIPGIS) de la Universidad Mayor de San Andrés.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, L. K. , and Robson, A.D . 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 35, 121150.
- Allen, M.F. 1996. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Cambridge. 184 p.
- Azcon G. y Barea M. 1980. Micorrizas revista Investigación y ciencia Edicion Española Barcelona, Prensa Científica S.A. edit. Agosto 1980 No 47, Pg.8-15.
- Bagyaraj, D. J. 1990. Ecology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *En* D. K. Arora, B. Rai, K. G. Mukerjii and G. R. Knudsen (eds) Handbook of Applied Mycology: Soil and Plants, Marcel Dekker Inc., New York. Bagyaraj, D. J. y Varma, A. 1995. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and plants: Their importance in sustainable agriculture and in arid and semiarid tropics. *Advances in Microbial Ecology*, vol. 14, pp. 119–142.
- Bian, X.; Hu, L.; Li, X.; Zhang, F. 2001. Effect of VA mycorrhiza on the turfgrass quality and mineral nutrient uptakes. *Acta Prataculturae Sinica*. 10:42–46.
- Bohn, W. 1979. Methods of studying root systems. Springer, New York. Pg.
- Brown, K.R. 1999. Mineral nutrition and fertilization of deciduous broadleaved tree species in British Columbia (Work Paper no. 42). Ministry of Forests Research Program, Victoria, British Columbia.
- Brugioni, I. 1992. Determinantes de la rotación del descanso para la siembra de papa en una comunidad del Altiplano Central Boliviano. Informe No. 31. ORSTOM Pg. 1-69.
- Carneiro, M., Siqueira, J., Moreira, F., Carvalho, D., Botelho, S., Junior, O. 1998. Micorriza arbuscular em especies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. *CERNE*, V.4, N.1, p.129-145, 1998.
- Feng, G., Zhang, F.S., Li, X.L., Tian, C., Tang, C., Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12,185–190.
- Ferrera, C. 1989. Dinamica de aparición de estructuras de endomicorrizas en *Carica papaya* L. cultivar cera. Colegio de posgraduados. Chapingo, México.
- Gerdeman, J.W. y T.H. Nicolson. 1963. Spores of Mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 235-244.
- Herrera , R.A. 1988. Caracterización y dinámica de la fitomasa de raíces y micorrizas vesículo arbusculares en la Sierra del Rosario. *En*: Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba. ProyectoMAB No. 1, 1974-1987. (Eds. R.A. Herrera el al.) . ROSTLAC, Montevideo. p.447

- Janos, D.P. 1983. Tropical mycorrhizas, nutrient cycles and plant growth. *En*: S.L. Sullon, T.e. Whitmore, y A.e. Chadwick (Eds.). Tropical rain forest: Ecology and management (pp. 327-345). Oxford: Blackwell Scientific Publications. Montilla, M., R. Herrera M. Y M. Monaster. 1992. Micorrizas Vesículo arbusculares en parcelas que se encuentran en sucesión-regeneración en los Andes tropicales. Suelo y planta. 2: 59-70.
- Mosse, B. 1973. Advance in the study of vesicular-arbuscular micorrhiza. En. *An R. Phytopath* 11. pg. 171-196.
- Mosse, B., Stribley, D. P. y Le Tacon, E. 1981. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Advances in Microbial Ecology*, vol. 5, pp. 137-210.
- Mayersaen, B. 1993. Ectomicorrizas y micorrizas vesículo-arbusculares en Catinga Amazónica del Sur de Venezuela. *Scientia Guaianae*, 3, 1-82.
- Newman, E. I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology* 3: 139-146.
- Ortuño, T., Beck, S., & Sarmiento, L. (2006) Dinámica sucesional de la vegetación en un sistema agrícola con descanso largo en el Altiplano central boliviano. *Ecología en Bolivia*, Vol. 41(3): 40 - 70, Diciembre de 2006. Rajan S.K., Reddy B.J.B., Bagyaraj, D.J.. 2000. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. *Forest. Ecol. Manage.* 126:91-95.
- Sivila de Cary R., 1993. Comportamiento de la microflora del suelo bajo un agroecosistema de rotación de cultivo en la región de Huaraco, en revista *Ecologica de Bolivia*. pg. 33-43.
- Sivila de Cary R. y Herve D., 1994. El estado microbiológico del suelo indicador de una restauración de la fertilidad, en *Dinámica del descanso de la tierra de los Andes IBTA-ORSTOM*. pg. 185-195.
- Schenck, N.C., Y. Pérez, 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. 3th Edition. Synergistic Publications. Gainesville.
- Tommerup, I. C. 1985. Inhibition of spore germination of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *trans. Br. mycol. Soc.* 85:264-278.