

Efecto de la quema en el cultivo de maíz sobre los hongos micorrícicos arbusculares

Effect of Burning in the Cultivation of Maize on Arbuscular Mycorrhizal Fungi

Moises Enrique Sulub-Mas,¹ Alejandro Morón Ríos,^{1*}
Susana del Carmen De la Rosa García²

¹El Colegio de la Frontera Sur,
Av. Rancho polígono 2A, Parque Industrial Lerma, C.P.24500, Campeche, México.

²Laboratorio de Microbiología Aplicada, División Academia de Ciencias Biológicas,
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 0.5 Carretera con entronque de Bosques de Saloya,
Villahermosa Tabasco, México.

*Correo de correspondencia: amoron@ecosur.mx

Resumen

La práctica agrícola de roza-tumba-quema puede generar efectos negativos sobre los hongos micorrícicos arbusculares (HMA). En este trabajo se evaluó el efecto de la quema agrícola en el éxito de la colonización de los HMA en plantas de maíz a la edad de 50 días de desarrollo, así como la riqueza de morfoespecies de estos hongos (esporas) y la producción de biomasa de las plantas. Se encontró que las raíces de las plantas en el cultivo sin quema presentaron un mayor porcentaje de colonización que el cultivo con quema (61.11 y 41.33%, respectivamente), mientras que la riqueza de morfoespecies fue similar, pero con morfoespecies exclusivas para cada tratamiento. La concentración de fósforo en el suelo fue significativamente mayor en el cultivo con quema ($P=0.03$), aunque la diferencia en la producción de biomasa de las plantas entre tratamientos fue similar. La quema disminuyó la colonización de los HMA en las plantas, no alteró la riqueza de morfoespecies

Abstract

The agricultural practice of slash and burn can generate negative effects on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). We evaluated the burn effect on the success of the colonization of AMF on maize plants after 50 days of development, as well as the morphospecies richness (spores) of AMF, and the biomass production of maize plants. AMF root plant colonization percentage was higher in the unburned crop than in the burned one (61.11% and 41.33%, respectively), while the morphospecies richness was similar in both treatments, there were exclusive morphospecies for each treatment. The soil phosphorus concentration was higher in the burned crop ($P=0.03$), although the biomass production of the plants was similar. The burn treatment decrease AMF plant colonization, it did not change AMF morphospecies richness, plant biomass and also decrease root-shoot ratio.

de HMA, ni la biomasa de la planta y disminuyó la proporción raíz-tallo.

Palabras clave

Biomasa, colonización, fósforo, micorriza.

Keywords

Biomass, colonization, mycorrhiza, phosphorus.

Las micorrizas son las asociaciones simbióticas más exitosas que tienen las plantas con diversos hongos (Sánchez de Prager *et al.*, 2010). Se estima que más de 80% de las plantas vasculares se asocian con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) (Schüßler *et al.*, 2001), por lo que son importantes en la diversidad y productividad vegetal (Van der Heijden *et al.*, 1998). Las especies vegetales colonizadas por estos hongos incluyen a las de interés agrícola, como el maíz (*Zea mays* L.), que es uno de los cereales con mayor producción a nivel mundial y en México es el grano de mayor producción (Salvador, 2001; INEGI, 2017).

El cultivo de maíz se maneja tradicionalmente mediante el sistema de roza-tumba-quema (R-T-Q) (Ortiz-Timoteo *et al.*, 2014), ya que las cenizas resultantes de la quema, permiten que nutrientes como el fósforo (P) estén disponibles a corto plazo (Adeniyi, 2010). Los beneficios de la quema a largo plazo se cuestionan desde hace varios años, dado que tienen implicaciones sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Thomaz *et al.*, 2014). Existen pocos estudios que relacionen el efecto del fuego con las comunidades de HMA, y los resultados hasta ahora conocidos son contrastantes, desde efectos negativos hasta efectos apenas perceptibles (Aguilar-Fernández *et al.*, 2009; Parada-Rojas *et al.*, 2016).

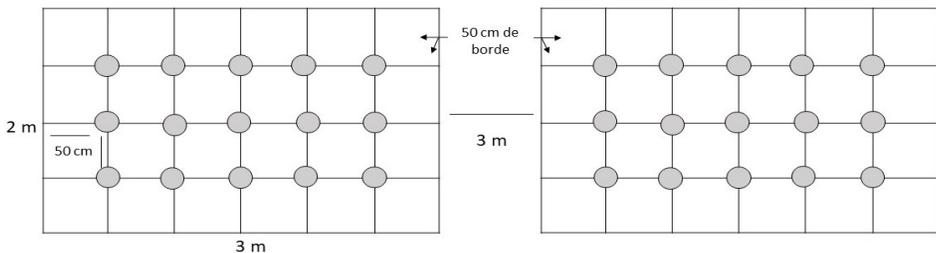
El sistema R-T-Q es una práctica común en México y el estado de Campeche no es la excepción, ya que la agricultura de subsistencia es de gran importancia, por lo que resulta relevante determinar si la quema tiene algún efecto sobre la diversidad y capacidad infectiva de los HMA en los suelos de esta región. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la quema en la colonización de HMA en las raíces del maíz, así como en la riqueza de morfoespecies de HMA y en la biomasa de la planta en una fase temprana del cultivo.

El estudio se realizó en una parcela de la comunidad El Chichonal, Calakmul, Campeche, ubicada entre las coordenadas 18°30'52" N y 89°31'24" W, dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera de Calakmul (RBC), a una altitud de 250 msnm. El clima es cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 25 °C y un promedio de precipitación total anual de 1,076.2 milímetros. La topografía del terreno es plana, formada por roca caliza y los suelos se distribuyen en un mosaico de diferentes asociaciones dominadas por litosoles, rendzinas, vertisoles y gleysoles; muy pobres en hierro (Fe), sílice (Si), aluminio (Al) y fósforo (P) (Morales-Rosas, 1999).

La selección del área tomó en cuenta que en las prácticas de cultivo anteriores no se aplicaran agroquímicos. Se establecieron dos parcelas y en cada una se trazaron cinco cuadros de 2 x 3 m cada uno (figura 1). En una de ellas se realizó una quema 17 días

antes de la siembra, donde se eliminó la hierba y las cañas de maíz que habían quedado de la siembra anterior, la otra parcela se deshierbó manualmente. De este modo se tuvieron cinco réplicas en cada condición del cultivo con una separación de tres m entre ellas y una distancia de 60 m entre un tratamiento y otro. Se utilizaron semillas de maíz criollo de raza Nal-Tel del estado de Chiapas, proporcionadas por un productor y obtenidas de una cosecha previa. Se aplicó riego diariamente por la mañana y tarde de manera manual y sin aplicación de fertilizantes.

Figura 1
Diseño de los cuadros con el arreglo de las plantas de maíz.
Los círculos grises representan las plantas.



Las plantas germinaron a los seis días y 50 días después de la siembra se cosecharon seis plantas de cada cuadro, de las cuales se colectaron muestras de las raíces finas en frascos con 40 ml de una solución de ácido acético al 5%. Se obtuvieron 30 muestras de 100 g de suelo de cada condición del cultivo a 15 cm de profundidad para la identificación y análisis morfológico de los HMA. Simultáneamente se tomaron seis muestras de suelo por cuadro para el análisis fisicoquímico. La infección micorrízica se determinó analizando 15 segmentos de raíces montados en laminillas de vidrio. En cada segmento se examinaron tres secciones bajo un microscopio de luz transmitida y se registró la presencia o ausencia de estructuras como vesículas, arbuscúlos y esporas (Moreira *et al.*, 2012).

Las muestras de suelo se secaron al aire para obtener las esporas por el método de decantado en húmedo (Moreira *et al.*, 2012). El material retenido se transfirió a cajas de Petri con papel filtro y bajo el microscopio estereoscópico se separaron las esporas por morfoespecies. El criterio para la separación por morfoespecies fue la coloración, tamaño y forma de las esporas, así como la coloración y tamaño de las mismas en preparaciones en alcohol polivinílico lactoglicerol (PVLG) y reactivo de Melzer (Sánchez de Prager *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2013).

Se registró el peso seco de la biomasa aérea y subterránea y se calculó la proporción raíz: tallo. Para los análisis estadísticos, el porcentaje total de colonización micorrízica, el porcentaje de colonización por arbuscúlos y vesículas se compararon mediante una prueba de U-Mann-Whitney. Para comparar la riqueza de morfoespecies entre tratamientos, se utilizó una prueba de Chi cuadrada. Los datos del análisis de suelo, de la biomasa aérea y de raíces, así como la proporción raíz: tallo se analizaron mediante una prueba *t*-Student, utilizando el paquete estadístico Rcmdr en la plataforma R versión 3.3.2.

Se observó una diferencia estadísticamente significativa ($P= 0.01$) en la colonización promedio entre la parcela sin quema (61%) y la parcela con quema (41%) (cuadro 1), lo cual puede explicarse porque en ese tiempo la planta ya tiene suficientes raíces que facilitan el proceso de micorización (Aguague *et al.*, 2017). También los porcentajes de vesículas (58 y 39%) y arbusculos (23 y 13%) mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P= 0.007$ y 0.01 , respectivamente), en ambos casos la parcela sin quema presentó el mayor porcentaje de colonización. El uso del fuego como práctica agrícola puede mermar la capacidad infectiva de los propágulos de HMA en el suelo, como se reporta en cultivos de hortalizas (Parada-Rojas *et al.*, 2016) y caña de azúcar (Azevedo *et al.*, 2014).

Cuadro 1
Efecto de la quema sobre la colonización por hongos micorrícicos de las raíces de plantas de maíz a los 50 días de siembra.

		SQ	CQ	Valor p
Colonización %	Total	61.11	41.33	0.01
	Vesículas	57.78	39.11	0.007
	Arbusculos	22.89	13.11	0.01
	Esporas	21.33	19.77	0.46
Biomasa (g)	Aérea	93.07 ± 18.19	104.42 ± 29.19	0.48
	Subterránea	48.05 ± 12.07	39.62 ± 14.84	0.35
	R/T	0.51 ± 0.03	0.37 ± 0.04	0.001

Los datos en porcentaje y los de biomasa son la media de $n=30 \pm$ desviación estándar. SQ= cultivo sin quema; CQ= cultivo con quema; R/T= proporción raíz: tallo.

La disminución en la colonización puede atribuirse al fuego, dado que destruye la red de micelio y esporas del suelo (Parada-Rojas *et al.*, 2016). Sin embargo, no se descarta que los cambios en la colonización sean consecuencia indirecta del fuego, pues también se detectó un aumento de P en el cultivo con quema respecto al cultivo sin quema (cuadro 2). En otros estudios, Comte *et al.* (2012) y Thomaz *et al.* (2014) reportan mayor concentración de P en suelos con cenizas, y proponen que el aumento del P puede disminuir el porcentaje de colonización, al reducir la dependencia micorrícica (Sangabriel-Conde *et al.* 2014); es decir, al estar disponible este nutrimento en el suelo, las plantas pueden tomarlo directamente y esto contribuye a reducir la simbiosis (Portilla-Cruz *et al.*, 1998). En este estudio es difícil determinar si la menor colonización fue efecto del fuego o estuvo mediada por la incorporación de P a través de las cenizas, lo que se tendrá que evaluar en estudios futuros.

Se encontraron 36 morfoespecies de HMA entre las dos condiciones del cultivo. En el cultivo sin quema se encontraron 32 morfoespecies y 28 en el cultivo con quema, una variación que no fue estadísticamente significativa ($P= 0.62$). Se compartieron 24 morfoespecies en ambos tratamientos, ocho fueron exclusivas para las parcelas sin quema, mientras que cuatro se encontraron en las parcelas con quema. Aún sin conocer

la identidad de las morfoespecies, es probable que algunas de ellas posean rasgos que les confieren resistencia a las altas temperaturas generadas por el fuego, mientras que otras son sensibles a este tipo de práctica, pues el efecto del fuego sobre los HMA depende de la resistencia de los propágulos a altas temperaturas (Horton *et al.*, 1998; Martín-Pinto *et al.*, 2006). Esta podría ser la explicación de la presencia de cuatro morfoespecies que solamente se encontraron en el cultivo con quema.

Cuadro 2
Efecto de la quema previa a la siembra de maíz, sobre las propiedades químicas del suelo. Los valores son la media de $N= 5 \pm 1$ DS.

Variable	SQ	CQ	Valor <i>p</i>
Fósforo disponible (mg/Kg)	7.69±1.08	9.96±1.63	0.03
pH	7.88±0.04	7.85±0.07	0.47
Carbono total (%)	5.50±0.64	5.79±0.53	0.46
Nitrógeno total (%)	0.47±0.04	0.44±0.06	0.45
Potasio disponible (cmol/Kg)	1.69±0.07	1.63±0.05	0.23
Capacidad de intercambio catiónico (cmol/Kg)	51.14±7.91	53.19±7.72	0.69
Densidad aparente (g/mL)	0.95±0.06	0.91±0.02	0.22

SQ= cultivo sin quema, CQ= cultivo con quema.

En cuanto a la biomasa de las plantas, no hubo diferencia entre tratamientos (cuadro 1), aun cuando sí hubo aporte de P mediante las cenizas. Por otra parte, la proporción raíz: tallo fue significativamente mayor en el cultivo sin quema respecto al cultivo con quema ($P= 0.001$). Esto sugiere que las plantas de un tratamiento con quema y otro sin quema asignaron cantidades diferentes de energía para la producción de tallos y raíces. Una disminución en la disponibilidad de P, N o agua, aumenta la biomasa relativa de las raíces en comparación con el tallo, si las condiciones mejoran, esta proporción disminuye (Fageria y Moreira, 2011), lo cual es consistente con el aumento de la concentración de P en el cultivo con quema.

Conclusiones

En este trabajo no se encontró diferencia significativa en la biomasa de la planta atribuible al aporte de cenizas derivadas de la quema, el fuego por sí mismo tiene efectos negativos sobre los hongos micorrícicos arbusculares. La quema no disminuyó significativamente la riqueza de morfoespecies de hongos, pero en este tratamiento el porcentaje de colonización de las raíces fue menor al igual que la proporción raíz: tallo. Las micorrizas se encuentran de manera natural en los sistemas agrícolas favoreciendo la adquisición de nutrimentos, por lo que prácticas como la quema alteran negativamente esta simbiosis.

Literatura citada

- Adeniyi, A.S. (2010). Effects of Slash and Burning on Soil Microbial Diversity and Abundance in the Tropical Rainforest Ecosystem, Ondo State, Nigeria. *Afr. J. Plant Sci*, 4(9): 322-329.
- Aguegue, R.; Noumavo, M.; Dagbenonbakin, P.; Agbodjato, G.; Assogba, N.; Koda, S. and Baba-Moussa, L. (2017). Arbuscular Mycorrhizal Fertilization of Corn (*Zea mays* L.) Cultivated on Ferrous Soil in Southern Benin. *J. Agr. Stud.* 5(3): 99-115.
- Aguiar-Fernández, M.; Jaramillo, V.J.; Varela-Fregoso, L. and Gavito, M.E. (2009). Short-Term Consequences of Slash-and-Burn Practices on the Arbuscular Mycorrhizal Fungi of a Tropical Dry Forest. *Mycorrhiza*, 19(3): 179-186.
- Azevedo, L.C.; Stürmer, S.L. and Lambais, M.R. (2014). Early Changes in Arbuscular Mycorrhiza Development in Sugarcane under Two Harvest Management Systems. *Braz. J. Microbiol.* 45(3): 995-1005.
- Comte, I.; Davidson, R.; Lucotte, M.; de Carvalho, C.J.; de Assis Oliveira, F.; da Silva, B.P. and Rousseau, G.X. (2012). Physicochemical Properties of Soils in the Brazilian Amazon Following Fire-Free Land Preparation and Slash-and-Burn Practices. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 156: 108-115.
- Fageria, N.K. and Moreira, A. (2011). The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. *Adv. Agron.*, 110(1): 251-331.
- Horton, T.R.; Cázares, E. and Bruns, T.D. (1998). Ectomycorrhizal, Vesicular-Arbuscular and Dark Septate Fungal Colonization of Bishop Pine (*Pinus muricata*) Seedlings in the First 5 Months of Growth after Wildfire. *Mycorrhiza*, 8(1): 11-18.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Encuesta nacional agropecuaria. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017_pres.pdf. (Consultado el 14 de agosto de 2019).
- Lee, E.H.; Eo, J.K.; Ka, K.H. and Eom, A.H. (2013). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and their Roles in Ecosystems. *Mycobiology*, 41(3): 121-125.
- Martín-Pinto, P.; Vaquerizo, H.; Penalver, F.; Olaizola, J. and Oria-de-Rueda, J.A. (2006). Early Effects of a Wildfire on the Diversity and Production of Fungal Communities in Mediterranean Vegetation Types Dominated by *Cistus ladanifer* and *Pinus pinaster* in Spain. *Forest. Ecol. Manag.* 225(1): 296-305.
- Morales-Rosas, J. (1999). Suelos. En *Naturaleza y Cultura en Calakmul, Campeche*. Folan-Higgins, W.J., Sánchez-González, M.C. y García-Ortega, J.M. México Universidad Autónoma de Campeche. 176 p.
- Moreira, F.; Huising, E.J. and Bignell, D.E. (2012). *Manual de biología de suelos tropicales*. México. Instituto Nacional de Ecología. 351 p.
- Ortiz-Timoteo, J.; Sánchez-Sánchez, O.M. y Ramos-Prado, J.M. (2014). Actividades productivas y manejo de la milpa en tres comunidades campesinas del municipio de Jesús Carranza, Veracruz, México. *Polibotánica*, 38: 173-191.
- Parada-Rojas, C.; Rueda-Díaz, S.; Carrero-Becerra, C.; Quintero-Pacheco, N. y Cárdenas-Caro, D. (2016). Efecto de la quema en cultivos de hortalizas en Villa del Rosario, Norte de Santander, Colombia, sobre las micorrizas y propiedades del suelo. *Bioagro*, 28(3): 171-180.
- Portilla-Cruz, I.; Molina-Gayosso, E.; Cruz-Flores, G.; Ortiz-Monasterio, I. y Manske, G. (1998). Colonización micorrizica arbuscular, actividad fosfatásica y longitud radical como respuesta a estrés de fósforo en trigo y triticale cultivados en un andisol. *Terra Latinoamericana*, 16(1): 55-61.
- Salvador, R. (2001). *Maíz*. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. México. Universidad Autónoma Chapingo. 14 p.
- Sangabriel-Conde, W.; Negrete-Yankelevich, S.; Maldonado-Mendoza, I.E. and Trejo-Aguilar, D. (2014). Native Maize Landraces from Los Tuxtlas, Mexico Show Varying Mycorrhizal Dependency for P Uptake. *Biol. Fertil. Soils*, 50(2): 405-414.
- Sánchez de Prager, M.; Posada, R.; Velázquez, D. y Narváez M. (2010). *Metodologías básicas para el trabajo con micorriza arbuscular y hongos formadores de micorriza arbuscular*. Colombia. Universidad Nacional de Colombia sed Palmira. 141 p.
- Schüßler, A.; Schwarzott, D. and Walker, C. (2001). A New Fungal Phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and Evolution. *Mycol. Res.*, 105(12): 1413-1421.

- Thomaz, E.L.; Antoneli, V. and Doerr, S.H. (2014). Effects of Fire on the Physicochemical Properties of Soil in a Slash-and-Burn Agriculture. *Catena*, 122: 209-215.
- Van der Heijden, M.G.; Klironomos, J.N.; Ursic, M. and Moutoglis, P. (1998). Mycorrhizal Fungal Diversity Determines Plant Biodiversity, Ecosystem Variability and Productivity. *Nature*, 396(6706): 69-72.

Recibido: 28 de marzo de 2019

Enviado a arbitraje: 5 de abril de 2019

Dictamen: 15 de junio de 2019

Aceptado: 25 de agosto de 2019