

Evolución de la glomalina tras la quema prescrita de matorral en suelos de alta montaña (Pirineo Central, NE-España)

Glomalin-related soil protein evolution after prescribed burning of scrub in mountain soils (Central Pyrenees, NE-Spain)

Andoni Alfaro-Leranoz^{1,*}, Mohamed Emran^{1,2} & David Badía-Villas¹

¹GEOFOREST, Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales (IUCA), Escuela Politécnica Superior de Huesca, Universidad de Zaragoza, 22071 Huesca, España

²Land and Water Technologies Department, Arid Lands Cultivation Research Institute, City of Scientific Research and Technological Applications (SRTA-City), 21934 New Borg El-Arab City, Alexandria, Egypt

(*E-mail: a.alfaroler@unizar.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28572>

RESUMEN

Se evalúan los efectos de la quema prescrita de matorral sobre el suelo a corto plazo, a los 5 y a los 9 años usando como indicadores las fracciones de glomalina. Dicha evaluación se efectúa para tres espesores (0-1, 1-2 y 2-3 cm) de suelo y por cuadruplicado en cada momento de muestreo. Los valores de glomalina (total, residual y lábil) aunque son más elevadas, en valor absoluto, en el cm del suelo más superficial, raramente muestra diferencias significativas en profundidad. Inmediatamente tras la quema, los suelos duplican su contenido en glomalina total y residual con respecto a los suelos control o no quemados; dichos valores disminuyen con el tiempo. La glomalina lábil, que no se ve significativamente afectada justo tras la quema, se reduce a la mitad pasados los años. En definitiva, se identifican una serie de cambios en las diferentes fracciones de glomalina, a pesar de la baja severidad de este tipo de quemadas.

Palabras clave: Quema prescrita; Proteínas del suelo relacionadas con la glomalina.

ABSTRACT

The effects of prescribed burning of bushes on the soil are evaluated in the short term, at 5 and 9 years, using glomalin fractions as indicators. This evaluation is carried out for three soil thicknesses (0-1, 1-2 and 2-3 cm) and in quadruplicate at each sampling time. The glomalin values (total, residual and labile), although higher, in absolute value, in the shallowest cm of soil, rarely show significant differences in depth. Immediately after burning, soils double their total and residual glomalin content with respect to control or unburned soils; these values decrease with time. Labile glomalin, which is not significantly affected immediately after burning, is reduced by half after a few years. In short, a series of changes in the different glomalin fractions are identified, despite the low severity of this type of burning.

Keywords: Prescribed fire, Glomalin-related soil protein.

INTRODUCCIÓN

Se denomina glomalina a un conjunto de pequeñas glicoproteínas que se encuentran en abundancia en las esporas e hifas de los hongos micorrízicos arbusculares; por ello, se suele hablar de proteínas del suelo relacionadas con la glomalina (PSRG). Su presencia se relaciona con la agregación del suelo (Hontoria *et al.*, 2009; Emran *et al.*, 2012). Una gran parte de la glomalina es de cierta recalcitrancia, por lo que interviene en el secuestro de carbono orgánico y se utiliza como indicador de la calidad del suelo (Rillig *et al.*, 2004; Emran *et al.*, 2020; 2021). La cantidad total de glomalina y sus fracciones se usan como indicadores de perturbaciones en el suelo como el laboreo intenso o los incendios (Lozano *et al.*, 2018; Sharifi *et al.*, 2018).

Por otro lado, las quemadas prescritas de matorral en alta montaña tratan de recuperar zonas de pastos de verano para el ganado trashumante sin generar daños en el suelo. Sin embargo, las propiedades edáficas más sensibles, como las biológicas, pueden verse afectadas por dichas quemadas (Girona-García *et al.*, 2018). Por ello, en este trabajo se usa la glomalina, y sus fracciones, como indicador de cambios en suelos sometidos a quemadas prescritas de matorral.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con el objetivo de valorar si el fuego afecta al suelo se muestrearon zonas control y zonas de matorral recién quemadas (Q0), a medio (Q5, 5 años) y a largo plazo (Q9, 9 años), todas ellas por cuatuplicado ($n=4$). Se muestrearon suelos a diversas profundidades (0-1, 1-2 y 2-3 cm) para detectar qué espesor podía verse afectado por la quema.

Las concentraciones de glomalina (total, residual y fácilmente extraíble o lábil) se determinaron en muestras de suelo, tamizado a 2 mm, según lo descrito por Wright y Upadhyaya (1996). La fracción total de la glomalina se extrajo con citrato de sodio 50 mM, pH 8.0, en ciclos secuenciales de autoclavado a 121°C (250 °F) de 60 minutos, hasta que el sobrenadante no mostró el color característico de la glomalina. La glomalina fácilmente extraíble o lábil, se extrajo usando citrato sódico 20 mM a pH 7.0, tras un solo ciclo de autoclavado

a 121 °C de 30 minutos (Wright y Upadhyaya, 1996).

Se obtuvo la glomalina residual por diferencia entre la glomalina total y la lábil. La concentración de glomalina en los extractos se determinó mediante el ensayo de proteínas de Bradford, con albúmina de suero bovino como estándar.

Adicionalmente se determinó el carbono orgánico por calcinación de la materia orgánica y aplicación del factor de Van Bemmelen, el flujo de CO₂ por captura en sosa, el C microbiano por fumigación-extracción y la estabilidad de los agregados (1-2 mm) por tamizado en húmedo (Alfaro-Lerañoz *et al.*, 2022).

El análisis estadístico se realizó con el programa STATISTICA 10 de StatSoft, Inc. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas para analizar la variabilidad de las fracciones de glomalina en función de los dos factores categóricos: tiempo desde la quema prescrita y profundidad del suelo. También se aplicó la prueba HSD de Tukey de comparación de medias.

Área de estudio

La zona de estudio (Asín de Broto) se encuentra en el piso subalpino del Pirineo Central, en el Noreste de España (Tabla 1).

Tabla 1 - Características de la zona de estudio

	Asín de Broto
Coordenadas	42° 31' 12.3" N 0° 06' 02.4" O
Altitud (m)	1650
Orientación	Oeste
Pendiente (%)	35
Temperatura media anual (°C)	8.8
Precipitación (mm/año)	1120
Suelo (WRB)	Calcaric Cambisol

Se trata de una zona de pastos de verano que, ante el progresivo descenso de la carga ganadera de las últimas décadas, se ha visto matorralizada por erizón (*Echinopartium horridum* (Vahl) Rothm), comunidad vegetal con muy pocas especies ($n=6 \pm 3$) y,

por tanto, muy baja diversidad (índice de Shannon de $0,858 \pm 0,467$) y bajo valor pastoral (Badía-Villas *et al.*, 2017). Las quemas prescritas de este matorral espinoso las realizaron los Equipos de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF), en época invernal (Tabla 2), realizándose el muestreo de suelos simultáneamente en todas ellas en marzo del año 2021.

Tabla 2 - Características de las quemas de matorral

Localidad	Asín de Broto
Cubierta vegetal (%)	95
Biomasa (t/ha)	34,1
Quema 0 años (Q0)	Marzo 2021
Quema 5 años (Q5)	Noviembre 2016
Quema 9 años (Q9)	Enero 2012

RESULTADOS

Los valores de glomalina (total, residual y lábil) son más elevados, en valor absoluto, en el cm del suelo más superficial y descienden progresivamente en profundidad, si bien las diferencias son raramente significativas (Tabla 3). Inmediatamente tras la quema (Q0), los suelos duplican su contenido en glomalina total y residual con respecto a los suelos

Tabla 3 - Fracciones de glomalina tras la quema prescrita de matorral

T	suelo (cm)	Glomalina				L/Total ratio
		Total (mg g ⁻¹)	Residual (mg g ⁻¹)	Lábil (mg g ⁻¹)		
C	0-1	3,6ab	2,2a	1,4c	0,39c	
	1-2	3,6ab	2,5ab	1,1abc	0,31bc	
	2-3	2,9a	2,3a	0,6ab	0,23ab	
Q0	0-1	7,8d	6,2e	1,6c	0,20ab	
	1-2	6,9cd	5,6de	1,3bc	0,19ab	
	2-3	5,6bc	4,5cde	1,2abc	0,21ab	
Q5	0-1	5,0abc	4,3bcde	0,7ab	0,14a	
	1-2	4,5ab	3,9abcd	0,6a	0,14a	
	2-3	4,2ab	3,5abc	0,6ab	0,16ab	
Q9	0-1	4,6ab	3,9abcd	0,65ab	0,14a	
	1-2	4,3ab	3,7abcd	0,55a	0,13a	
	2-3	3,9ab	3,4abc	0,55a	0,14a	
F-valor		10,93	9,41	7,32	6,14	
P-valor		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según el test de Tukey

control o no quemados (C). Con el tiempo, a los 5 años (Q5), y especialmente a los 9 años (Q9) tras la quema, esos valores disminuyen (Tabla 3). Por otro lado, la glomalina lábil no se ve significativamente afectada tras la quema (Q0) pero se reduce a la mitad posteriormente (Q5 y Q9 años), a pesar de la recuperación de la cubierta vegetal (Badía-Villas *et al.*, 2017).

Existe una correlación positiva y significativa ($p < 0,01$) del C orgánico oxidable del suelo con las tres fracciones de glomalina estudiadas, aspecto contrastado en estudios previos (Emran *et al.*, 2012; Lozano *et al.*, 2016; Sharifi *et al.*, 2018). Se ha identificado una significativa correlación de la fracción lábil de glomalina con la estabilidad estructural de los agregados (Tabla 4).

Tabla 4 - Coeficientes de correlación (r) entre las fracciones de glomalina y diferentes propiedades edáficas. n=48

	GR	GL	Corg	CO ₂	Cmic	EE
GT	0,96**	0,53**	0,55**	0,44**	0,41**	0,64**
GR		0,28	0,40**	0,39**	0,30*	0,60**
GL			0,73**	0,35*	0,54**	0,38*

GT (glomalina total), GR (glomalina residual), GL (glomalina lábil), Corg (carbono orgánico), CO₂ (respiración basal), Cmic (carbono microbiano), EE (estabilidad estructural). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Lozano *et al.* (2016), en un muestreo en dos localidades (Gorga y Gata) del SE-España, inmediatamente tras un incendio forestal de pino carrasco, tampoco identifican variaciones en el contenido en glomalina lábil de los suelos, lo que atribuyen a una baja severidad de la quema; los mismos autores muestran como la glomalina lábil varía estacionalmente en suelos de pinares no quemados.

Sharifi *et al.* (2018), en bosquetes de *Quercus* recién quemados, observan como, a pesar de no variar el contenido en carbono orgánico del suelo, las fracciones de glomalina lábil y residual aumentan con la severidad del incendio. También observan un aumento de la relación glomalina/carbono orgánico, al igual que en este trabajo (con valores en suelos control inferiores a 0,7 que aumentan a

1,0 con la quema). Aunque los cambios a largo plazo podrían relacionarse una menor actividad degradativa de la glomalina por parte de los microorganismos o un aumento de la actividad fúngica con la sucesión vegetal, el brusco cambio en la fracción residual post-quema solo parece explicable por la liberación de glomalina ocluida en agregados fragmentados tras el paso del fuego (Lozano *et al.*, 2016). Sin embargo, las quemas prescritas no se caracterizan precisamente por generar un intenso shock térmico, por lo que deben investigarse otras causas para explicar las citadas variaciones. Una posibilidad es que con la extracción de la glomalina se incluyan otros compuestos, incluso no proteicos (Gillespie *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

Se ha observado un aumento significativo de las fracciones de glomalina total y residual inmediatamente después de la quema prescrita de matorral;

la fracción lábil, no afectada justo tras la quema, disminuye a los 5 y 9 años. Se postula la hipótesis de que con el calentamiento hay una mayor extracción, aunque este tipo de quemas es de baja severidad. Se requiere de una mayor investigación para descartar que con la cuantificación de PSRG no se cuantifiquen también otros compuestos.

AGRADECIMIENTOS

A. Alfaro-Leranz está contratado como personal investigador predoctoral en formación por el Departamento de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento del Gobierno de Aragón. Por su lado, la estancia del Dr. M. Emran en la EPS de Huesca ha sido financiada por el Ministerio de Educación Superior e Investigación Científica de Egipto. La toma de muestras no habría sido posible sin la colaboración del Equipo de Prevención Integral de Incendios Forestales (EPRIF) de Aragón y de los ganaderos locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro-Leranz, A.; Badía-Villas, D.; Luis, R.; Martí-Dalmau, C. & Ortiz-Perpiñá, O. (2022) - Long-term prescribed fires effects on biological properties of a Calcaric Cambisol (Asín de Broto, Central Pyrenees). *In: 22nd World Congress of Soil Science*. Glasgow.
- Badía-Villas, D.; Armas, C.; Mora J.L.; Gómez, D.; Montserrat, G. & Palacios, S. (2017) - ¿Podemos controlar la expansión del erizón mediante quemas? *Lucas Mallada*, vol. 19, p. 69-94.
- Emran, M.; Doni, S.; Macci, C.; Masciandaro, G.; Rashad, M. & Gispert, M. (2020) - Susceptible soil organic matter, SOM, fractions to agricultural management practices in salt-affected soils. *Geoderma*, vol. 366, art. 114257. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114257>
- Emran, M.; Gispert, M. & Pardini, G. (2012) - Patterns of soil organic carbon, glomalin, and structural stability in the Mediterranean abandoned terraced lands. *European Journal of Soil Science*, vol. 63, n. 5, p. 637-649. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01493.x>
- Emran, M.; Naeim, H.; Rashad, M. & Gispert, M. (2021) - Seasonal changes in soil carbon storage capacity and glomalin-related soil protein under different agricultural activities, abandonment, and wildfire occurrence in Mediterranean region. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 21, n. 6, p. 359-371. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.10.009>
- Gillespie, A.W.; Farrell, R.E.; Walley, F.L.; Ross, A.R.S.; Leinweber, P.; Kai-Uwe, E.; Regier, T.Z. & Blyth, R.I.R. (2011) - Glomalin-related soil protein contains non-mycorrhizal-related heat-stable proteins, lipids and humic materials. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 43, n. 4, p. 766-777. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.12.010>
- Girona-García, A.; Badía-Villas, D.; Martí-Dalmau, C.; Ortiz-Perpiñá, O.; Mora, J.L. & Armas-Herrera, C.M. (2018) - Effects of prescribed fire for pasture management on soil organic matter and biological properties: a 1-year study case in the Central Pyrenees. *Science of the Total Environment*, vol. 618, p. 1079-1087. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.127>
- Hontoria, C.; Velásquez, R.; Benito, M.; Almorox, J. & Moliner, A. (2009) - Bradford-reactive soil proteins and aggregate stability under abandoned versus tilled olive groves in a semi-arid Calcisol. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 41, n. 7, p. 1583-1585. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.04.025>
- Lozano, E.; Jiménez-Pinilla, P.; Mataix-Solera, J.; Arcenegui, V. & Mataix-Beneyto, J. (2016) - Sensitivity of glomalin-related soil protein to wildfires: Immediate and medium-term changes. *Science of the Total Environment*, vol. 572, p. 1238-1243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.071>
- Rillig, M.C. (2004) - Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil agregation. *Canadian Journal of Soil Science*, vol. 84, n. 4, p. 355-363. <https://doi.org/10.4141/S04-003>
- Sharifi, Z.; Azadi, N.; Rahimi, S. & Certini, G. (2018) - The response of glomalin-related soil proteins to fire or tillage. *Geoderma*, vol. 329, p. 65-72. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.008>
- Wright, S.F. & Upadhyaya, A. (1996) - Extraction of an abundant and unusual protein from soil and comparison with hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science*, vol. 161, n. 9, p. 575-586.