

IMPLEMENTATION OF TECHNIQUES TO CONTROL POST-FIRE EROSION IN GALICIA (NW IBERIAN PENINSULA): EFFECTS ON SOIL QUALITY

A. Barreiro

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España
anabarreiro@iiag.csic.es

A. Lombao

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

A. Martín

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

T. Carballas

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

M.T. Fontúrbel

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Pontevedra, España

J.A. Vega

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Pontevedra, España

C. Fernández

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Pontevedra, España

M. Díaz-Raviña

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

ABSTRACT

The effect of fire and different post-fire stabilization treatments (seeding, mulching) was evaluated. The study was performed with unburnt and burnt soil samples collected from the top layer of two soils highly susceptible to suffer post-fire erosion (slope 30-50%) under scrublands, one soil developed over granite and affected by an experimental fire and other soil developed over schist and affected by a wildfire. Samples were collected at different times over one year period and different soil physical, chemical and biochemical properties (texture, water repellence, aggregate stability, water retention, pH, total C, total N, electric conductivity, microbial biomass C, urease and α -glucosidase activities) were analyzed. The data clearly showed that soil properties analyzed showed a different sensitivity to detect the fire impact, which was also determined by the fire severity and time passed after fire event. In contrast, the soil stabilization treatments (seeding, mulching) showed slight effect or even no effect on most soil properties analyzed and hence on soil quality of these burnt ecosystems.

Key words: Experimental fire, wildfire, soil stabilization treatments, soil quality

APLICACIÓN DE TÉCNICAS CONTRA LA EROSIÓN POST-INCENDIO EN GALICIA (NO PENÍNSULA IBÉRICA): EFECTOS SOBRE LA CALIDAD DEL SUELO

RESUMEN

Se evaluó el efecto del fuego y de diferentes tratamientos de protección del suelo contra la erosión post-incendio (siembra de herbáceas, acolchado de paja) sobre la calidad del suelo. El estudio se realizó con muestras no quemadas y quemadas del horizonte superficial de dos suelos altamente susceptibles de sufrir erosión (pendiente 30-55%) bajo matorral, uno desarrollado sobre granito y afectado por un fuego experimental y el otro, desarrollado sobre esquistos, afectado por un incendio no controlado de alta intensidad. Se analizaron diversas propiedades físicas, químicas y bioquímicas (textura, repelencia al agua, estabilidad de los agregados, capacidad de retención de agua, pH, C total, N total, conductividad eléctrica, C biomasa, actividades α -glucosidasa y ureasa) en las muestras no quemadas y quemadas recogidas a diferentes intervalos de tiempo durante un año. Los resultados demostraron claramente que las propiedades analizadas presentaban una diferente sensibilidad para detectar el impacto del fuego y que el efecto del fuego dependía de la severidad del incendio y del tiempo transcurrido tras el paso del fuego. En lo que respecta a los tratamientos de estabilización del suelo (siembra de herbáceas, acolchado de paja) se observó un ligero efecto o ningún efecto a corto y medio plazo (1 año) sobre la calidad del suelo quemado.

Palabras clave: Fuego experimental, incendio no controlado, tratamientos de estabilización, calidad del suelo

INTRODUCCIÓN

En Galicia los incendios forestales constituyen una grave amenaza para los ecosistemas forestales al provocar año tras año graves daños tales como la destrucción de la vegetación, la degradación del suelo y la irreversible pérdida de suelos y nutrientes por procesos de erosión post-incendio, ocasionando así desastres ecológicos de gran magnitud y numerosas pérdidas económicas (Carballas *et al.*, 2009). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del fuego y de diferentes tratamientos de protección del suelo contra la erosión post-incendio (siembra de herbáceas, acolchado de paja) sobre la calidad del suelo.

1. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó con muestras no quemadas y quemadas del horizonte superficial de dos suelos altamente susceptibles de sufrir erosión (pendiente 30-55%) bajo matorral, uno desarrollado sobre granito y afectado por un fuego experimental y el otro, desarrollado sobre esquistos, afectado por un incendio no controlado de alta intensidad. Los suelos forestales proceden de Laza, en Ourense, donde se produjo un incendio forestal no controlado de alta intensidad en septiembre del 2010, y de A Estrada, en Pontevedra, donde se realizó una quema controlada de baja intensidad en septiembre del 2009. Ambos suelos tienen un pH ácido (3,6-4,5) y elevado contenido en materia orgánica (14-23 %), como ocurre en la mayoría de los suelos forestales gallegos (Carballas *et al.*, 2009). En ambos suelos, para frenar la erosión post-incendio, se aplicaron, por triplicado en parcelas de dimensiones de 5 m de ancho x 20 m de largo, dos tratamientos de control de la erosión post-incendio, paja en una concentración de 250 g m⁻² (QM) y una mezcla de semillas de gramíneas y leguminosas (*Lolium multiflorum*, 35%; *Trifolium repens*, 25%; *Dactylis glomerata*, 20%; *Festuca arundinacea*, 10%; *Festuca rubra*, 5%, *Agrotis tenuis*, 5%) en dosis de 45 g m⁻² (QS) y se compararon estos tratamientos con los suelos quemados sin añadir ningún tratamiento (Q) y con los suelos no quemados de zonas adyacentes a las quemadas (N).

Las muestras de suelo se recogieron del horizonte A (0-2 cm), a diferentes intervalos de tiempo después de la aplicación de los tratamientos (inmediatamente y a los 3, 6 y 12 meses después), analizándose la fracción menor de 2 mm. Se determinaron diversas propiedades físicas, químicas y bioquímicas (textura, repelencia al agua, estabilidad de los agregados, capacidad de retención de agua, pH, C total, N total, conductividad eléctrica, C biomasa, actividades glucosidasa y ureasa) en las muestras no quemadas y quemadas recogidas a diferentes intervalos de tiempo durante un año. Para la caracterización físico-química se utilizaron los métodos descritos por Guitián-Ojea y Carballas (1976). El C de la biomasa se determinó por el método de fumigación-extracción (Díaz-Raviña *et al.*, 1992) y las actividades enzimáticas de los ciclos del C (β -glucosidasa) y N (ureasa) mediante los procedimientos descritos por Eivazi y Tabatabai (1988) y Kandeler y Geber (1988), respectivamente. Con el fin de evaluar la calidad del suelo considerando conjuntamente diversas propiedades del ecosistema edáfico e identificar los principales factores que la determinan y, en consecuencia, la eficacia de los tratamientos de estabilización del suelo, los valores de todos los parámetros analizados (propiedades físicas, químicas y bioquímicas), se trataron estadísticamente por análisis de componentes principales usando el programa SPSS 15.0.

2. Resultados y discusión

Independientemente de las muestras de suelo analizadas, las propiedades físicas analizadas (textura, repelencia al agua, estabilidad de los agregados) no resultaron afectadas por el fuego (datos no mostrados). La evolución de las propiedades químicas, físico-químicas y bioquímicas analizadas en las muestras no quemadas y quemadas de los dos suelos afectados por el fuego se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1. Propiedades físicas, físico-químicas, químicas y bioquímicas en las diferentes épocas de muestreo de los suelos de Laza (media de las réplicas de campo \pm error estándar). Tratamientos: N, suelo no quemado; Q, suelo quemado; QS, suelo quemado con siembra de herbáceas; QM, suelo quemado con mulching de paja. Tiempos: 0, inmediatamente después de la quema; 3 meses después de la quema; 6 meses después de la quema y 12 meses después de la quema.

LAZA	Tiempo (meses)	Tratamientos			
		N	Q	QS	QM
Humedad (%)	0	22,5 \pm 0,4	9,26 \pm 1,24	7,73 \pm 1,06	8,49 \pm 1,15
	3	45,0 \pm 0,8	32,4 \pm 0,4	34,4 \pm 2,2	32,1 \pm 1,3
	6	35,0 \pm 1,5	29,2 \pm 1,3	30,6 \pm 3,8	31,2 \pm 0,4
	12	26,4 \pm 1,1	12,8 \pm 1,6	14,0 \pm 2,2	18,3 \pm 1,1
Capacidad de campo (g H ₂ O kg ⁻¹)	0	899 \pm 4	603 \pm 4	577 \pm 3	590 \pm 3
	3	924 \pm 2	612 \pm 2	679 \pm 5	623 \pm 1
	6	872 \pm 1	537 \pm 1	565 \pm 6	579 \pm 4
	12	770 \pm 0	501 \pm 2	460 \pm 2	488 \pm 1
Conductividad (μ S cm ⁻¹)	0	16,0 \pm 0,6	102 \pm 6	102 \pm 7	102 \pm 5
	3	30,0 \pm 2,9	28,0 \pm 1,7	29,0 \pm 0,0	38,0 \pm 4,0
	6	50,7 \pm 12,4	26,8 \pm 0,6	24,5 \pm 2,2	25,5 \pm 1,1
	12	23,5 \pm 1,1	25,2 \pm 1,5	30,1 \pm 0,7	30,5 \pm 2,8
pH H ₂ O	0	3,67 \pm 0,03	4,15 \pm 0,02	4,13 \pm 0,01	4,12 \pm 0,00
	3	3,94 \pm 0,01	4,48 \pm 0,01	4,46 \pm 0,04	4,55 \pm 0,01
	6	3,42 \pm 0,00	4,25 \pm 0,02	4,16 \pm 0,03	4,07 \pm 0,04
	12	3,67 \pm 0,01	4,09 \pm 0,01	4,05 \pm 0,03	4,10 \pm 0,04
C Total (g kg ⁻¹)	0	218 \pm 5	154 \pm 4	152 \pm 7	151 \pm 10
	3	233 \pm 8	147 \pm 2	158 \pm 9	162 \pm 14
	6	239 \pm 6	143 \pm 7	154 \pm 8	157 \pm 11
	12	216 \pm 14	140 \pm 7	132 \pm 15	139 \pm 11

C Biomasa (mg kg ⁻¹)	0	3297 ± 170	1443 ± 116	1457 ± 170	1471 ± 167
	3	2996 ± 165	1342 ± 112	1373 ± 75	1461 ± 198
	6	2045 ± 95	524 ± 82	641 ± 174	729 ± 52
	12	3316 ± 91	1510 ± 129	2020 ± 250	1760 ± 341
Ureasa (µg NH ₄ ⁺ g ⁻¹ h ⁻¹)	0	169 ± 12	27,5 ± 5,4	25,6 ± 12,4	23,7 ± 7,0
	3	218 ± 7	68,0 ± 2,2	82,9 ± 11,3	77,7 ± 4,9
	6	201 ± 4	47,3 ± 5,0	51,0 ± 11,4	52,2 ± 4,2
	12	144 ± 12	56,2 ± 12,9	36,3 ± 6,0	56,8 ± 10,6
Glucosidasa (µg p-nitrofenol g ⁻¹ h ⁻¹)	0	61,2 ± 2,8	54,4 ± 12,5	54,9 ± 2,8	55,4 ± 12,0
	3	37,7 ± 0,4	83,2 ± 7,9	80,6 ± 18,4	96,6 ± 6,6
	6	14,7 ± 4,9	58,1 ± 6,3	36,9 ± 3,2	67,0 ± 18,1
	12	28,5 ± 7,6	68,2 ± 8,0	62,9 ± 6,6	71,1 ± 19,3

Tabla 2. Propiedades físicas, físico-químicas, químicas y bioquímicas en las diferentes épocas de muestreo de los suelos de A Estrada (media de las réplicas de campo ± error estándar).

Tratamientos: N, suelo no quemado; Q, suelo quemado; QS, suelo quemado con siembra de herbáceas; QM, suelo quemado con mulching de paja. Tiempos: 0, inmediatamente después de la quema; 3 meses después de la quema; 6 meses después de la quema y 12 meses después de la quema.

A ESTRADA	Tiempo (meses)	Tratamientos			
		N	Q	QS	QM
Humedad (%)	0	37,8 ± 1,1	36,2 ± 2,7	34,2 ± 3,2	36,0 ± 1,4
	3	42,8 ± 1,2	41,4 ± 0,8	44,3 ± 1,4	42,2 ± 1,3
	6	38,5 ± 0,7	35,0 ± 1,1	34,7 ± 2,1	37,8 ± 0,6
	12	34,5 ± 1,6	35,9 ± 0,5	37,6 ± 1,1	38,2 ± 0,9
Capacidad de campo (g H ₂ O kg ⁻¹)	0	853 ± 48	780 ± 28	836 ± 40	800 ± 20
	3	868 ± 28	866 ± 29	893 ± 50	826 ± 32
	6	820 ± 11	806 ± 22	856 ± 50	844 ± 23
	12	758 ± 26	701 ± 26	745 ± 35	742 ± 28
Conductividad (µS cm ⁻¹)	0	117 ± 15	149 ± 5	164 ± 16	193 ± 22
	3	52 ± 2	49 ± 2	41 ± 5	42 ± 4
	6	44 ± 4	44 ± 2	40 ± 1	51 ± 4
	12	45 ± 5	43 ± 3	40 ± 2	50 ± 4
pH H ₂ O	0	3,85 ± 0,04	4,17 ± 0,02	4,18 ± 0,03	4,10 ± 0,08
	3	3,74 ± 0,05	4,21 ± 0,05	4,37 ± 0,08	4,34 ± 0,06
	6	3,79 ± 0,03	3,99 ± 0,05	3,98 ± 0,03	4,01 ± 0,03
	12	3,67 ± 0,03	3,94 ± 0,07	3,86 ± 0,05	3,92 ± 0,04
C Total (g kg ⁻¹)	0	180 ± 6	165 ± 7	168 ± 4	175 ± 6
	3	177 ± 5	186 ± 9	185 ± 7	179 ± 8
	6	182 ± 2	166 ± 7	187 ± 7	182 ± 5
	12	182 ± 8	171 ± 2	177 ± 7	176 ± 5
C Biomasa (mg kg ⁻¹)	0	1809 ± 156	1188 ± 88	1426 ± 102	1571 ± 23
	3	1577 ± 93	1267 ± 163	1175 ± 92	1076 ± 68
	6	2251 ± 100	1874 ± 65	1848 ± 77	1967 ± 103
	12	1895 ± 179	1656 ± 251	1740 ± 252	1558 ± 111
Ureasa (µg NH ₄ ⁺ g ⁻¹ h ⁻¹)	0	55,1 ± 4,0	36,1 ± 2,4	36,4 ± 3,0	37,4 ± 3,9
	3	33,6 ± 2,9	23,1 ± 3,0	22,6 ± 1,0	18,1 ± 1,0
	6	56,8 ± 4,6	41,5 ± 3,7	40,2 ± 5,6	41,4 ± 2,6

	12	78,1 ± 8,9	55,1 ± 10,7	50,1 ± 7,9	44,2 ± 2,4
Glucosidasa ($\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{h}^{-1}$)	0	101,5 ± 6,9	90,3 ± 4,2	80,4 ± 7,7	96,1 ± 4,6
	3	149,6 ± 8,6	95,1 ± 9,2	86,7 ± 14,0	100,4 ± 15,0
	6	105,3 ± 4,4	104,4 ± 9,7	110,2 ± 9,1	85,7 ± 10,6
	12	66,7 ± 9,6	39,3 ± 4,4	29,7 ± 4,4	29,7 ± 1,6

En general, el fuego provocó un incremento de la conductividad eléctrica y del pH del suelo mientras que el contenido de materia orgánica y las propiedades relacionadas con la misma disminuyeron. El fuego causó también un descenso inicial de la biomasa microbiana y de las actividades enzimáticas. Los resultados concuerdan con estudios previos realizados en la misma zona mostrando tanto la influencia de la severidad del fuego como de la propiedad edáfica analizada a la hora de evaluar los impactos del fuego (Martín *et al.*, 2009, 2012; Barreiro *et al.*, 2010; Díaz-Raviña *et al.*, 2012; Fontúrbel *et al.*, 2012). La evolución temporal de las propiedades analizadas indicó claramente que: a) el impacto del fuego experimental era de poca importancia (suelo de A Estrada) mientras que los impactos del incendio no controlado de alta severidad (suelo de Laza) perduraban incluso un año después del incendio b) los tratamientos de estabilización del suelo (siembra de herbáceas, mulching) no modificaban o modificaban ligeramente la mayoría de las propiedades analizadas (físicas, físico-químicas, químicas y bioquímicas) y, por consiguiente la calidad del suelo quemado.

En la Figura 1 se muestran los resultados del análisis de componentes principales, realizado con la matriz de los valores de las propiedades del suelo analizadas, en el plano definido por los factores 1 y 2 que juntos explican un 61 % de la varianza y nos permite analizar, de una forma global, la calidad de las muestras de suelo analizadas.

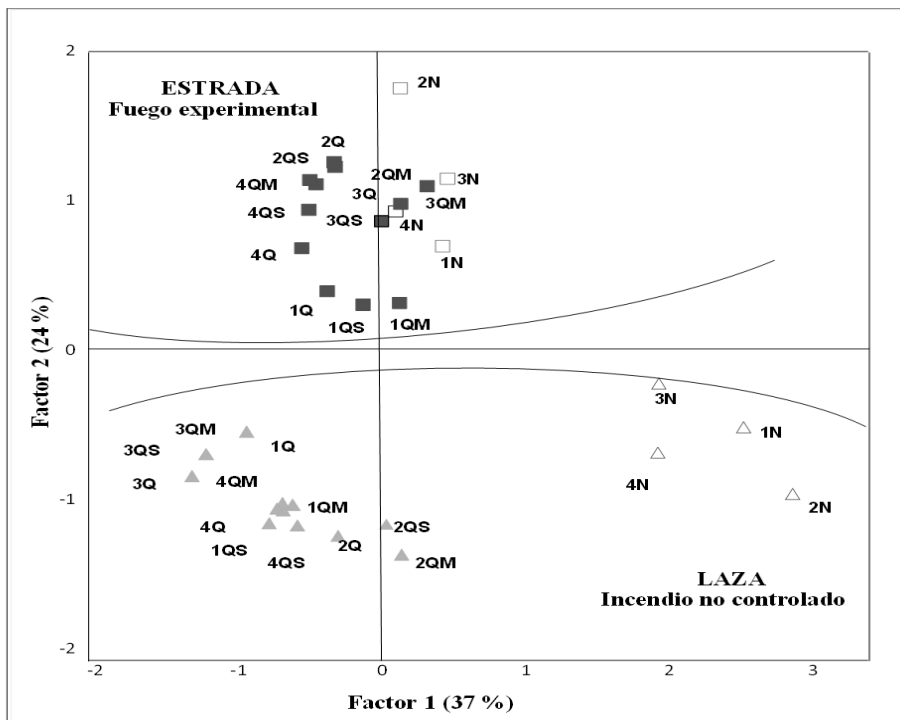


Figura 1. Distribución de las muestras en el análisis de componentes principales realizado con los valores de las propiedades del suelo obtenidos en las diferentes épocas de muestreo de los suelos de A Estrada y Laza (media de las réplicas de campo). Tratamientos: N, suelo no quemado; Q, suelo quemado; QS, suelo quemado con siembra de herbáceas; QM, suelo quemado con mulching de paja. Tiempos: 1, inmediatamente después de la quema; 2, 3 meses después de la quema; 3, 6 meses después de la quema; 4, 12 meses después de la quema.

El factor 1, que explicaba el 37 % de la varianza, separó las muestras de los suelos no quemados (parte positiva del factor 1) de las muestras de los correspondientes suelos quemados (parte negativa del factor 1). Tal como era de esperar el impacto del incendio no controlado de alta severidad (suelo de Laza) sobre la calidad del suelo era de mucha mayor magnitud y persistencia en el tiempo que el efecto del fuego experimental (quema de baja severidad), atribuyéndose dicho efecto a las variaciones en el pH y las variables relacionadas con el contenido de materia orgánica del suelo. En cuanto al factor 2, que explicaba un 24 % de la varianza, se observó que separaba las muestras del suelo de A Estrada (parte positiva del eje 2) de las muestras del suelo de Laza (parte negativa del eje 2).

Los datos demostraron claramente que las propiedades analizadas presentaban una diferente sensibilidad para detectar el impacto del fuego y que el efecto del fuego dependía de la severidad del incendio y del tiempo transcurrido tras el paso del fuego. En lo que respecta a los tratamientos de estabilización del suelo (siembra de herbáceas, acolchado de paja) se observó un ligero efecto o ningún efecto a corto y medio plazo (1 año) sobre la calidad del suelo quemado. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos que analizan el efecto inmediato y a corto plazo del fuego y de los tratamientos contra la erosión post-incendio sobre la microbiota edáfica caracterizada en base a parámetros relacionados con la masa y actividad de los microorganismos (Díaz-Raviña *et al.*, 2012; Fontúrbel *et al.* 2012).

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad (AGL2012-39686-C02-01) y por la Fundación MAFRE. A. Barreiro y A. Lombao son becarias FPU del Ministerio Español de Educación.

REFERENCIAS

- BARREIRO A., MARTÍN A., CARBALLAS T., DÍAZ-RAVIÑA M. 2010. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. *Science of the Total Environment* 402: 6172-6178.
- CARBALLAS T., MARTÍN A., DÍAZ-RAVIÑA M. 2009. Efecto de los incendios forestales sobre los suelos de Galicia. In: Efecto de los incendios forestales sobre los suelos en España (Artemi Cerdá y Jorge Mataix-Solera, eds.). Cátedra Divulgación de la Ciencia. Universitat de València, Ch. 3.6, p. 269-301.
- DÍAZ-RAVIÑA M., MARTÍN A., BARREIRO A., LOMBAO A., IGLESIAS L., DÍAZ-FIERROS F., CARBALLAS T. 2012. Mulching and seeding treatments for post-fire soil stabilization in NW Spain: short-term effects and effectiveness. *Geoderma* 191: 31-39.
- DÍAZ-RAVIÑA M., PRIETO A., ACEA M.J., CARBALLAS T. 1992. Fumigation-extraction method to estimate microbial biomass in heated soils. *Soil Biology Biochemistry* 24: 259-264.
- EIVAZI F., TABATABAI M.A. 1988. Glucosidases and galactosidases in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 20: 601-606.
- FONTÚRBEL M.T., BARREIRO A., VEGA J.A., LOMBAO A., MARTÍN A., JIMÉNEZ E., CARBALLAS T., FERNÁNDEZ C. 2012. Effects of an experimental fire and post-fire stabilization treatments on soil microbial communities. *Geoderma* 191: 51-60.
- GUITIÁN-OJEA F., CARBALLAS T. 1976. Técnicas de Análisis de Suelos. Editorial Pico Sacro. Santiago de Compostela, España.
- KANDELER, E., GERBER, H. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils* 6: 68-72.
- MARTÍN A., DÍAZ-RAVIÑA M., CARBALLAS T. 2009. Evolution of composition and content of soil carbohydrates following forest wildfires. *Biology and Fertility of Soils* 45: 511-520.
- MARTÍN, A., DÍAZ-RAVIÑA, M., CARBALLAS, T. 2012. Short- and medium term evolution of soil properties in atlantic forests ecosystems affected by wildfires. *Land Degradation and Development* 23: 427-439.

IMPLEMENTATION OF TECHNIQUES TO CONTROL POST-FIRE EROSION IN GALICIA (NW IBERIAN PENINSULA): EFFECTS ON MICROBIAL COMMUNITY

A. Lombao

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España
alba@iiag.csic.es

A. Barreiro

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España
anabarreiro@iiag.csic.es

A. Martín

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

T. Carballas

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

M.T. Fontúrbel

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Pontevedra, España

J.A. Vega

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Pontevedra, España

C. Fernández

Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Pontevedra, España

M. Díaz-Raviña

Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Santiago de Compostela, España

ABSTRACT

The phospholipid fatty acid analysis (PLFA pattern) was used to characterize the microbial community of different burnt soils with different post-fire treatments (seeding and mulching). The study was performed with unburnt and burnt soil samples collected from the top layer of two soils highly susceptible to suffer post-fire erosion (slope 30-50%) under scrublands, one soil developed over granite affected by an experimental fire and other soil developed over schist affected by a wildfire. Samples were collected at different times over one year period. The results of principal component analyses performed with PLFA data allowed us to differentiate, firstly, microbial communities of two different soils and, secondly, for same soil burnt samples from the corresponding unburnt samples, being the fire effect more accentuated for the soil affected by wildfire. The data also showed a clear sampling time influence on the soil microbial community structure, particularly in soil affected by experimental fire,

which is in agreement with the seasonal variation of microbial parameters. Concerning the soil stabilization treatments (seeding, mulching), although slight changes with respect to the corresponding burnt soil samples were detected, this effect was of less magnitude than that observed for experimental fire or wildfire.

Key words: Experimental fire, wildfire, soil stabilization treatments, PLFA pattern

APLICACIÓN DE TÉCNICAS CONTRA LA EROSIÓN POST-INCENDIO EN GALICIA (NO PENÍNSULA IBÉRICA): EFECTOS SOBRE LA COMUNIDAD MICROBIANA

RESUMEN

Se caracterizaron, mediante el análisis de biomarcadores moleculares tales como los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA pattern), las comunidades microbianas de diferentes suelos quemados con diferentes tratamientos de protección del suelo contra la erosión post-incendio (siembra de herbáceas, acolchado de paja). El estudio se realizó con muestras no quemadas y quemadas del horizonte superficial de dos suelos altamente susceptibles de sufrir erosión (pendiente 30-55%) con una vegetación de matorral, uno desarrollado sobre granito y afectado por un fuego experimental y el otro, desarrollado sobre esquistos, afectado por un incendio no controlado de alta intensidad, recogidas a diferentes intervalos de tiempo durante un año. Los resultados de los análisis de componentes principales realizados con los valores de los PLFA permitieron diferenciar, en primer lugar, las comunidades microbianas de los diferentes suelos y, en segundo lugar, y dentro de cada suelo, las muestras quemadas de las correspondientes muestras control no quemadas, siendo el efecto del fuego más acusado en el caso del incendio no controlado. También se observó una clara influencia de la época de muestreo sobre la composición de la comunidad microbiana de los dos suelos, particularmente en el suelo afectado por el fuego experimental, confirmando la variación estacional de los parámetros microbianos. Por lo que respecta a los tratamientos de estabilización del suelo (siembra de herbáceas, acolchado de paja), aunque se observaron pequeñas diferencias con respecto al correspondiente suelo control quemado, el efecto era de mucha menor magnitud que el originado por el fuego experimental o el incendio no controlado.

Palabras clave: Fuego experimental, incendio no controlado, tratamientos de estabilización, PLFA pattern.

INTRODUCCIÓN

Los matorrales, ecosistemas de gran importancia en Galicia, año tras año están siendo afectados por el fuego, originando pérdidas enormes de suelo y nutrientes por erosión (Carballas *et al.*, 2009). La microbiota edáfica, principal agente responsable de la fertilidad del suelo, está también afectada por el impacto de los incendios forestales no controlados y de las quemadas controladas (Díaz-Raviña *et al.*, 2012; Fontúrbel *et al.*, 2012), y de ahí la importancia de su estudio. El objetivo de este trabajo fue caracterizar mediante el análisis de biomarcadores moleculares tales como los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA pattern) las comunidades microbianas de diferentes suelos quemados con diferentes tratamientos de protección del suelo contra la erosión post-incendio (siembra de herbáceas, acolchado de paja).

1. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó con muestras no quemadas y quemadas del horizonte superficial de dos suelos altamente susceptibles de sufrir erosión (pendiente 30-55%) bajo matorral, un desarrollado sobre granito y afectado por un fuego experimental y el otro, desarrollado sobre esquistos, afectado por un incendio no controlado de alta intensidad. Los suelos forestales proceden de Laza, en Ourense, donde se produjo un incendio forestal no controlado de alta intensidad en septiembre del 2010, y de A Estrada, en Pontevedra, donde se realizó una quema controlada de baja intensidad en septiembre del 2009. Ambos suelos tienen un pH ácido (3,6-4,5) y elevado contenido en materia orgánica (14-23 %), como ocurre en la mayoría de los suelos forestales gallegos (Carballas *et al.*, 2009). En ambos suelos, para frenar la erosión post-incendio, se aplicaron, por triplicado en parcelas de dimensiones de 5 m de ancho x 20 m de largo, dos tratamientos de control de la erosión post-incendio, paja en una concentración de 250 g m⁻² (QM) y una mezcla de semillas de gramíneas y leguminosas (*Lolium multiflorum*, 35%; *Trifolium repens*, 25%; *Dactylis glomerata*, 20%; *Festuca arundinacea*, 10%; *Festuca rubra*, 5%, *Agrotis tenuis*, 5%) en dosis de 45 g m⁻² (QS) y se compararon estos tratamientos con los suelos quemados sin añadir ningún tratamiento (Q) y con los suelos no quemados de zonas adyacentes a las quemadas (N). Las muestras de suelo se recogieron del horizonte A (0-2 cm), a diferentes intervalos de tiempo después de la aplicación de los tratamientos (inmediatamente y a los 3, 6 y 12 meses después), analizándose la fracción menor de 2 mm.

La estructura de la comunidad se caracterizó mediante el análisis de los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA) siguiendo el procedimiento descrito por Frostegård *et al.* (1993) que identifica de 30 a 35 ácidos grasos distintos con 14-20 átomos de C. En síntesis, los PLFA fueron extraídos del suelo con una mezcla de cloroformo, metanol y tampón citrato, separados en la fase orgánica (cloroformo) y fraccionados en columnas de ácido salicílico para separar los fosfolípidos (lípidos polares) de los restantes lípidos (lípidos neutros y glicolípidos). Finalmente, estos fosfolípidos fueron sometidos a metanolisis para obtener ésteres metílicos de los ácidos, que se cuantificaron por cromatografía de gases en base a sus tiempos de retención, relativos al de un estándar interno (19:0). Los valores de PLFA, expresados en nmoles (%), se trataron estadísticamente por análisis de componentes principales usando el programa SPSS 15.0, con el fin de determinar las principales diferencias en el perfil de los PLFA en función del tratamiento aplicado al suelo.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los resultados del análisis de componentes principales, realizado con la matriz de los valores de los ácidos grasos de los fosfolípidos, en el plano definido por los factores 1 y 2 que juntos explican un 48% de la varianza.

El factor 1, que explicó el 30% de la varianza, separó las muestras del suelo de A Estrada (situadas en la parte positiva del factor 1) caracterizadas por presentar elevadas concentraciones de ácidos grasos saturados característicos de bacterias (br18:0, i17:0, cy17:0, i17:0, a17:0, cy19:0, i15:0), de las muestras del suelo de Laza (parte negativa del factor 1) que presentaron altas concentraciones de ácidos grasos no saturados (18:2 ω 6, 18:1 ω 9; 18:1, 16:1 ω 7c). En cuanto al factor 2, que explicó un 18% de la varianza, se observó que separaba las muestras de los suelos quemado de las de los no quemados, caracterizadas por presentar concentraciones más altas de los ácidos grasos 16:1 ω 5, 18:1 ω 7, 16:1 ω 9.

La Figura 2 muestra los resultados de los análisis de componentes principales, realizados con las matrices de datos de los ácidos grasos de los fosfolípidos de las muestras de los dos suelos analizados recogidas inmediatamente después de la quema y al final del experimento (12 meses) en los planos definidos por los factores 1 y 2 que juntos explicaron un 55% de la varianza.

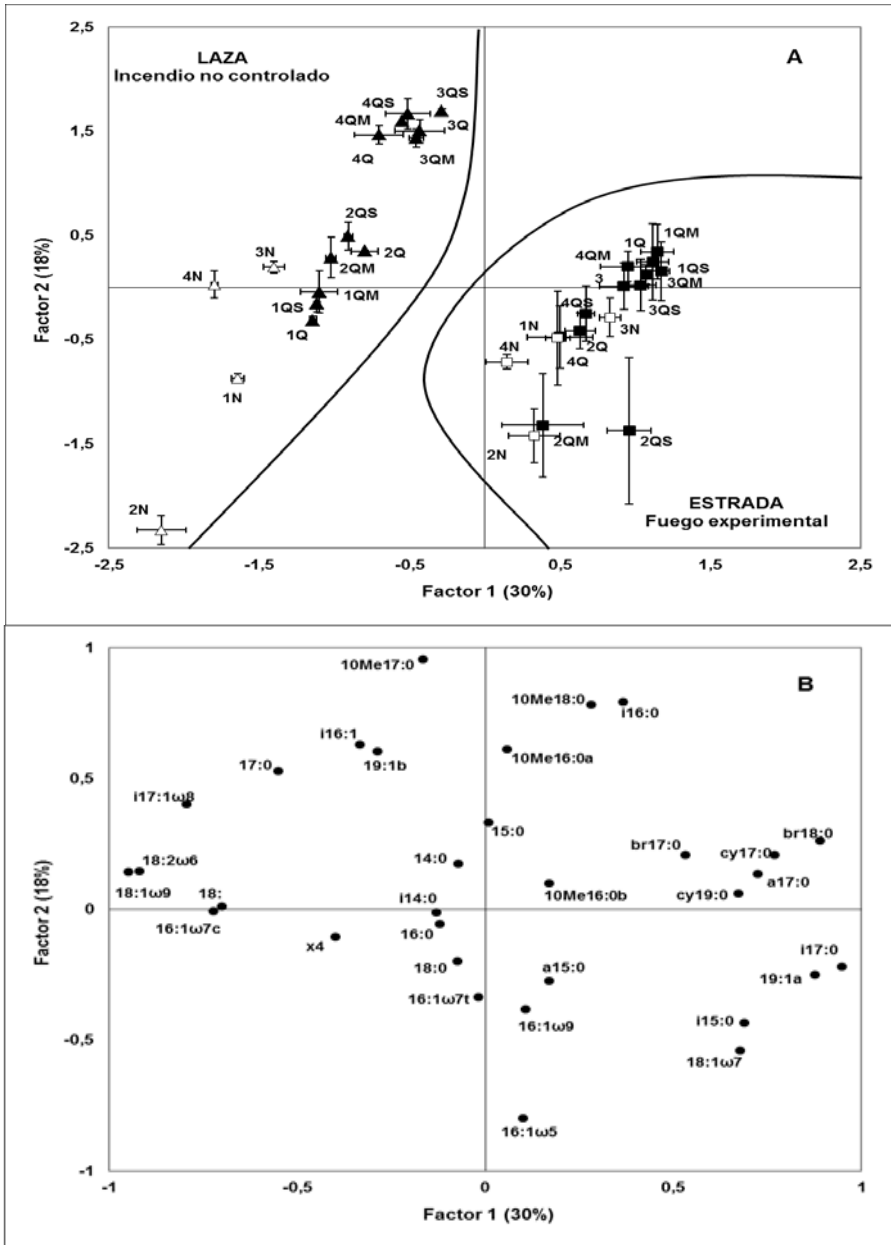


Figura 1. Distribución de muestras (A) y de variables (B) en el análisis de componentes principales realizados con los valores de la estructura de la comunidad (patrón PLFA) obtenidos en las diferentes épocas de muestreo de los suelos de A Estrada y Laza (media de las réplicas de campo \pm error estándar). Tratamientos: N, suelo no quemado; Q, suelo quemado; QS, suelo quemado con siembra de herbáceas; QM, suelo quemado con mulching de paja. Tiempos: 1, inmediatamente después de la quema; 2, 3 meses después de la quema; 3, 6 meses después de la quema; 4, 12 meses después de la quema.

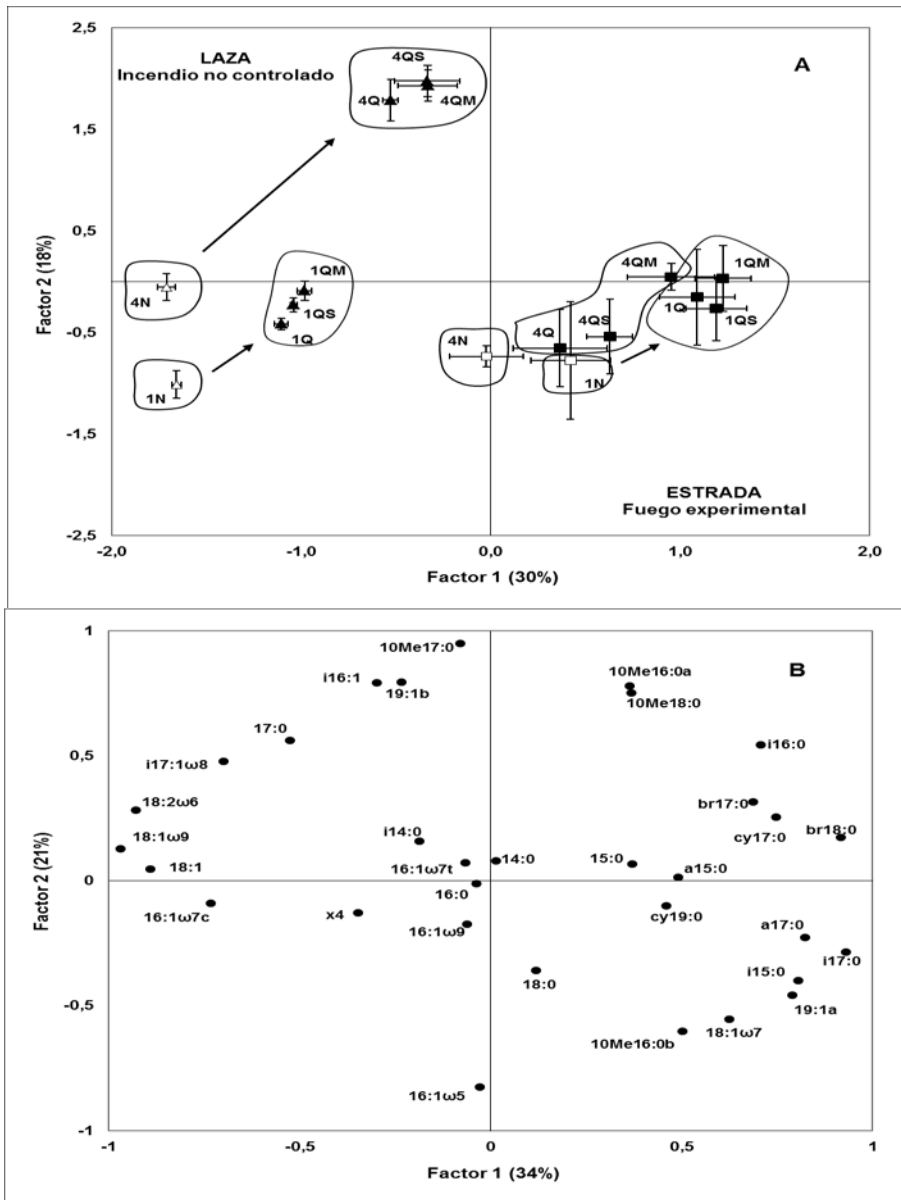


Figura 2. Distribuição de amostras (A) e de variáveis (B) no análise de componentes principais realizados com os valores da estrutura de la comunidad (patrón PLFA) obtenidos al inicio (1, inmediatamente después de la quema) y al final del experimento (4, 12 meses después) de los suelos de A Estrada y Laza (media de las réplicas de campo \pm error estándar). Tratamientos: N, suelo no quemado; Q, suelo quemado; QS, suelo quemado con siembra de herbáceas; QM, suelo quemado con mulching de paja.

Se observó de nuevo que el tipo de suelo fue el factor que ejerció más influencia sobre la estructura de la comunidad, seguido, en orden de importancia, por el quemado del suelo. Asimismo los resultados también mostraron un diferente efecto del paso del fuego en el medio edáfico, en el suelo de Laza (incendio no controlado de alta severidad) los efectos fueron de mucha mayor magnitud y permanecían o incluso se incrementaban con el tiempo, en el suelo de A Estrada (fuego experimental de baja severidad), debido a las bajas temperaturas de la quema, los efectos fueron mucho menores y de similar magnitud que los de la estación del año y, además, tendieron a atenuarse con el tiempo. Los datos también demostraron claramente que los

tratamientos de estabilización del suelo ensayados (mulching de paja y siembra de herbáceas) no modificaban significativamente la estructura de la comunidad microbiana. Estos resultados están de acuerdo con estudios previos indicando un efecto similar del fuego y de los tratamientos contra la erosión post-incendio sobre la microbiota edáfica caracterizada en base a parámetros relacionados con la masa y actividad de los microorganismos (Barreiro *et al.*, 2010; Díaz-Raviña *et al.*, 2012, 2013; Fontúrbel *et al.* 2012; Lombao *et al.*, 2013; Martín *et al.*, 2013).

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad (AGL2012-39686-C02-01) y por la Fundación MAFRE. A. Barreiro y A. Lombao son becarias FPU del Ministerio Español de Educación.

REFERENCIAS

- BARREIRO, A., MARTÍN, A., CARBALLAS, T., DÍAZ-RAVIÑA, M. 2010. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. *Science of the Total Environment* 402: 6172-6178.
- CARBALLAS, T., MARTÍN, A., DÍAZ-RAVIÑA, M. 2009. Efecto de los incendios forestales sobre los suelos de Galicia. En: Efecto de los incendios forestales sobre los suelos en España (Artemi Cerdá y Jorge Mataix-Solera, eds.). Cátedra Divulgación de la Ciencia. Universitat de València, Ch. 3.6, p. 269-301.
- DÍAZ-RAVIÑA, M., MARTÍN, A., BARREIRO, A., LOMBAO, A., IGLESIAS, L., DÍAZ-FIERROS, F., CARBALLAS, T. 2012. Mulching and seeding treatments for post-fire soil stabilisation in NW Spain: short-term effects and effectiveness. *Geoderma* 191: 31-39.
- DÍAZ-RAVIÑA, M., MARTÍN, A., BARREIRO, A., LOMBAO, A., IGLESIAS, L., DÍAZ-FIERROS, F., CARBALLAS, T. 2013. Mulching and seeding treatments for post-fire soil stabilisation in Laza (NW Spain): medium-term effects and effectiveness. *FLAMMA* 4(1): 37-40.
- FONTÚRBEL, M. T., BARREIRO, A., VEGA, J. A., LOMBAO, A., MARTÍN, A., JIMÉNEZ, E., CARBALLAS, T., FERNÁNDEZ, C. 2012. Effects of an experimental fire and post-fire stabilisation treatments on soil microbial communities. *Geoderma* 191: 51-60.
- FROSTEGÅRD, Å., TUNLID, A., BÅÅTH, E. 1993. Phospholipid fatty acid composition, biomass and activity of microbial communities from two soil types experimentally exposed to different heavy metals. *Applied and Environmental Microbiology* 59: 3605-3617.
- LOMBAO, A., BARREIRO, A., MARTÍN, A., CARBALLAS, T., DÍAZ-RAVIÑA, M. 2013. Impacto de un incendio de alta intensidad y dos tratamientos de protección del suelo sobre la biomasa microbiana en un suelo de Laza (Ourense, NO España). *FLAMMA* 4(1): 19-22.
- MARTÍN, A., LÓPEZ-FANDO, C., BARREIRO, A., LOMBAO, A., CARBALLAS, T., IGLESIAS, F., DÍAZ-FIERROS, F., DÍAZ-RAVIÑA, M. 2013. Recovery of a soil under different vegetation one year after a high intensity wildfire. *FLAMMA* 4(2): 129-132.