



Estructura de la comunidad microbiana de un suelo de matorral tras un fuego experimental y aplicación de diferentes tratamientos para el control de la erosión

Structure of the microbial community in a soil under shrub after an experimental fire and application of different treatments for soil erosion control

A. Barreiro (1*), A. Lombao (1), A. Martín (1), T. Carballas (1), M. T. Fontúrbel (2), J. A. Vega (2), E. Jiménez (2), C. Fernández (2), M. Díaz-Raviña (1)

(1) Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia del CSIC (IIAG-CSIC), Apartado 122, Avda. de Vigo s/n, 15780 Santiago de Compostela, España

(2) Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Consellería de Medio Rural, Apdo. 127, 3680 Pontevedra, España

*Corresponding author: anabarreiro@iiag.csic.es

Keywords

Prescribed fire
Mulching
Seeding
Microbial properties
PLFA pattern

Abstract

In this study the microbial community structure of a shrubland soil after an experimental fire and application of different post-fire stabilization treatments (seeding and mulching) was analyzed by means of the analysis of phospholipid fatty acid (PLFA) and compared with the respective unburnt control. Measurements were made immediately and 3, 6 and 12 months after the fire and application of treatments. The principal component analysis performed with the PLFA data separated clearly soil samples according the sampling time, indicating that marked seasonal variations rather than soil treatment (experimental fire, post-fire stabilization treatments) were responsible for determining the composition of soil microbial communities. It should be noticed, however, that when samples of same sampling time were analyzed separately, PLFA analysis clearly allow us to separate burnt samples (burnt, burnt + mulching, burnt +seeding) from the corresponding unburnt control but did not differentiate among the burnt treatments. The unburnt samples were characterized by high concentrations of fatty acids characteristic of fungi and Gram-negative bacteria while the burnt samples were characterized by high concentration of fatty acids characteristic of bacteria and actinobacteria. These microbial changes induced by experimental burning persisted even after one year.

1 INTRODUCCIÓN

En España el número de incendios forestales ha aumentado de forma muy significativa a lo largo de las últimas décadas, siendo Galicia la comunidad autónoma

más afectada (superficie quemada, número de incendios) por este desastre ecológico que provoca graves daños tales como la destrucción de la vegetación, la degradación del suelo y la irreversible pérdida de suelo y nutrientes por procesos de erosión post-incendio (Vega et al., 2005). La

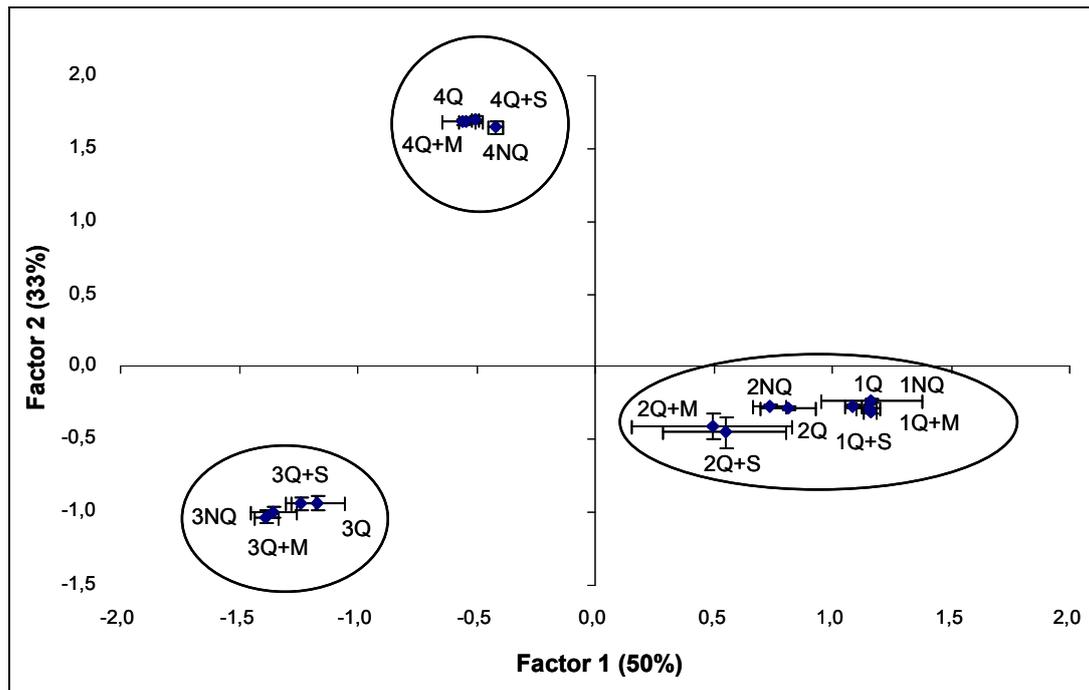


Figura 1. Distribución de las muestras en el análisis de componentes principales realizado con los valores de la estructura de la comunidad (patrón PLFA) obtenidos en las diferentes épocas de muestreo del suelo de A Estrada (media de las réplicas de campo \pm error estándar). Tratamientos: NQ, suelo no quemado; Q, suelo quemado; Q+S, suelo quemado con siembra de herbáceas; Q+M, 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.

microbiota edáfica, principal agente responsable de la fertilidad del suelo, está también afectada por estos procesos de degradación del suelo que ocurren tras el impacto de los incendios forestales no controlados (Carballas et al., 2009; Díaz-Raviña et al., 2012) y de las quemas controladas (Barreiro et al., 2010; Díaz-Raviña et al., 2006), y de ahí la importancia del estudio de diversos parámetros relacionados con la masa, actividad y diversidad de los microorganismos en suelos quemados. Actualmente, la estructura o diversidad microbiana se puede estudiar mediante el uso de técnicas de biología molecular tales como el análisis de los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA; Frostegård et al., 2011).

2 OBJETIVOS

Las quemas controladas permiten cuantificar, de forma exhaustiva, la magnitud y el impacto del fuego sobre la microbiota edáfica. El objetivo del presente estudio es analizar, mediante el análisis de los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA), la evolución a lo largo de un año de la estructura de la comunidad microbiana edáfica después de

la realización de una quema controlada combinada con tratamientos de control de la erosión post-incendio (mulching de paja y siembra de herbáceas) en un ecosistema de matorral de Galicia.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio fue llevado a cabo en el monte Cabalar (A Estrada, Pontevedra), sobre un suelo granítico, con una pendiente media entre 38-54%, a 660 m de altitud y con una vegetación representativa del ecosistema de matorral de clima oceánico. Se realizó una quema controlada de baja severidad y se aplicaron cuatro tratamientos por triplicado: a) suelo no quemado (NQ); b) suelo quemado (Q); c) suelo quemado con siembra de herbáceas (*Lolium multiflorum*, 35%; *Trifolium repens*, 25%; *Dactylis glomerata*, 20%; *Festuca arundinacea*, 10%; *Festuca rubra*, 5%; *Agrostis tenuis*, 5%), en una concentración de 45 g m⁻² (Q+S); y d) suelo quemado con mulching de paja, en una concentración de 230 g m⁻² (Q+M). Las muestras de suelo se recogieron del horizonte A (0-5 cm), inmediatamente después del incendio y 3, 6 y 12 meses después del mismo.

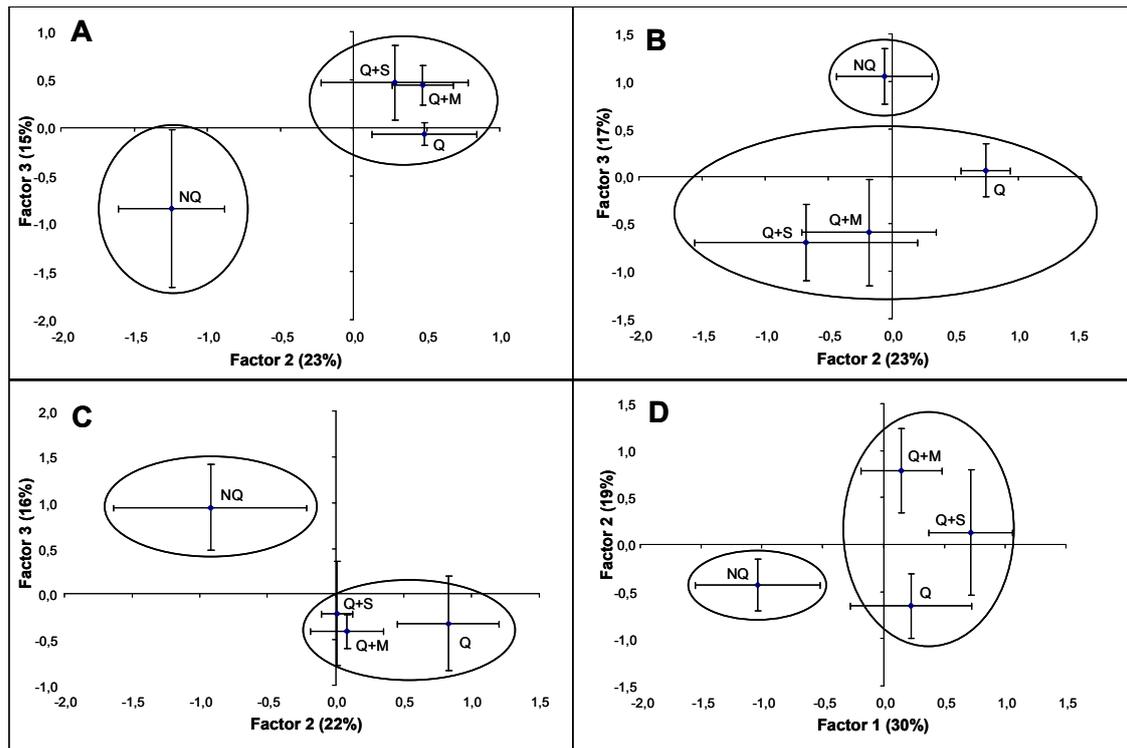


Figura 2. Distribución de las muestras del análisis de componentes principales realizado con los datos de la estructura de la comunidad (patrón PLFA), obtenidos inmediatamente (A) y 3 (B), 6 (C) y 12 (D) meses después de la quema del suelo de A Estrada (media de las réplicas de campo \pm error estándar). Tratamientos: NQ, suelo no quemado; Q, suelo quemado; Q+S, suelo quemado con siembra de herbáceas; Q+M, suelo quemado con mulching de paja.

La estructura de la comunidad se analizó 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.

4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

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 83 % de la varianza.

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 83 % de la varianza.

Las muestras se separaron en función del tiempo del muestreo, independientemente del tratamiento aplicado. El factor 1, que explica el 50% de la varianza, separa las muestras recogidas inmediatamente y 3 meses después de la quema (parte positiva del factor 1), caracterizadas por presentar elevadas concentraciones de ácidos grasos saturados característicos de las bacterias (i17:0, i16:0 i15:0, br18:0, cy19:0 y cy17:0) y de las actinobacterias (10Me16a:0), de las muestras recogidas 6 y 12 meses después de la quema (parte negativa del factor 1) que presentaron elevadas concentraciones de los ácidos grasos i17:1 ω 8, 16:1 ω 9, 17:0, 16:1 ω 7t, i14:0 y el 15:0, indicativos

de bacterias, además de los ácidos grasos no específicos 19:1b, x4, br17:0, 18:1, 19:1a y 10Me16b:0. En cuanto al factor 2, que explica un 33% de la varianza, se observó que separaba las comunidades del último muestreo (12 meses, parte positiva del factor 2), caracterizadas por presentar altas concentraciones de los ácidos grasos característicos de los hongos (18:2 ω 6 y 16:1 ω 5) y de los ácidos grasos no específicos, i16:1 y 14:0, de las muestras recogidas 6 meses después de la quema, caracterizadas por presentar elevadas concentraciones de los ácidos grasos a15:0, a17:0 y 18:1 ω 7, indicativos de las bacterias, y de los ácidos grasos 10Me17:0 y 10Me18:0, indicativos de las actinobacterias. Los resultados demostraron claramente que la estructura o diversidad de la comunidad microbiana varía principalmente en función de la época del año y ponen de manifiesto una clara estacionalidad de la población microbiana del suelo, cuyos efectos son mucho mayores que los de la propia quema prescrita debido probablemente a las bajas temperaturas del quemado del suelo (Fontúrbel et al., 2012). Un claro efecto de la estación del año sobre la biomasa y actividad microbiana fue también observado en estudios previos realizados en suelos no quemados de la misma zona (Díaz-Raviña et al., 1993; Díaz-Raviña et al., 1995).

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 A Estrada en cada uno de los diferentes muestreos (inmediatamente y 3, 6 y 12 meses después de la quema), en el plano definido por los factores 2 y 3 (A, B, C) o 1 y 2 (D) que juntos explican entre el 38 y 49% de la varianza.

En todos los muestreos se observó una separación de las muestras no quemadas (NQ) con respecto a las quemadas (Q, Q+S, Q+M). Las muestras no quemadas se caracterizaron por presentar elevadas concentraciones de los ácidos grasos 18:2 ω 6, 16:1 ω 5 y el 18:1 ω 9, característicos de los hongos, y de los ácidos grasos 16:1 ω 7c, cy17:0, cy19:0 y 18:1 ω 7, indicativos de las bacterias Gram-negativas. En cuanto a las muestras quemadas se caracterizaron por la presencia de los ácidos grasos i17:1 ω 8, br18:0, i17:0, a17:0, i16:0, 17:0, 16:1 ω 9, i14:0, 16:1 ω 7t, i15:0 y a15:0, indicativos de las bacterias, y de los ácidos grasos 10Me18:0, 10Me17:0 y 10Me16:0a, indicativos de las actinobacterias. Estos resultados indican que el quemado indujo cambios en la estructura de la comunidad microbiana, disminuyendo los hongos y las bacterias Gram-negativas e incrementando las bacterias y

las actinobacterias, lo que coincide con estudios previos que mostraban que tras el paso del fuego las bacterias resultaban favorecidas frente a los hongos (Bååth et al., 1995; Badía & Martí, 2003; Bárcenas-Moreno et al., 2011; Díaz-Raviña et al., 2012). Los resultados también demostraron que estos cambios inducidos por la quema de baja severidad persistían incluso después de un año. Por lo que respecta a la estabilización del suelo para el control de la erosión post-incendio mediante el mulching de paja y la siembra de herbáceas, se observaron en algunos casos pequeñas diferencias en la estructura de la comunidad del suelo quemado en función del tratamiento aplicado al suelo, pero estos cambios fueron de menor magnitud que los inducidos por la quema.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Consellería de Educación y Ordenación Universitaria de la Xunta de Galicia (08MRU002400PR) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2008-02823), España; A. Barreiro y A. Lombao son beneficiarias de becas FPU del Ministerio Español de Educación.

REFERENCIAS

- Bååth E, Frostegård A, Pennanen T, Fritze H. 1995. Microbial community structure and pH response in relation to soil organic matter quality in wood-ash fertilized, clear-cut or burned coniferous soils. *Soil Biology and Biochemistry* 21:229-240.
- Badía D, Martí C. 2003. Effect of simulated fire on organic matter and selected microbiological properties of two contrasting soils. *Arid Land Research Management* 17:55-69.
- Bárcenas-Moreno G, García-Orenes F, Mataix-Solera J, Mataix-Beneyto J, Bååth E. 2011. Soil microbial recolonization after a fire in Mediterranean Forest. *Biology and Fertility of Soils* 47: 261-272.
- Barreiro A, Martín A, Carballas T. 2010. Response of soil microbial communities to fire and fire-fighting chemicals. *Science of Total Environment* 408:6172-6178.
- 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, Acea MJ, Carballas T. 1993. Seasonal fluctuations in microbial populations and available nutrients in forest soils. *Biology and Fertility of*

Soils 16:205-210.

- Díaz-Raviña M, Acea MJ, Carballas T. 1995. Seasonal changes of microbial biomass and nutrient flush in forest soils. *Biology and Fertility of Soils* 19:220-226.
- Díaz-Raviña M, Bååth E, Martín A, Carballas T. 2006. Microbial community structure in forest soils treated with a fire retardant. *Biology and Fertility of Soils* 42:465-471.
- Díaz-Raviña M, Martín A, Barreiro A, Lombao A, Iglesias L, Díaz-Fierros F, Carballas T. 2012. Mulching and seeding treatments for post-fire stabilisation in N.W. Spain: short-term effects and effectiveness. *Geoderma*, 191:31-39.
- Fontúrbel MT, Barreiro A, Vega JA, 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.
- Frostegård Å, Tunlid A, Bååth E. 2011. Use and misuse of PLFA measurements in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 43:1621-1625.
- Vega JA, Fernández C, Fontúrbel T. 2005. Throughfall, runoff and soil erosion after prescribed burning in gorse shrubland in Galicia (NW Spain). *Land Degradation and Development* 16:37-51.