

Impacto del fuego sobre el comportamiento hidrológico del suelo en un bosque de ciprés

Introducción

Los incendios forestales, especialmente los de gran severidad, pueden acelerar los procesos de erosión del suelo. La eliminación de la cobertura vegetal y de la materia orgánica del suelo da lugar a cambios en los procesos hidrológicos, al reducir la intercepción de las precipitaciones y modificar la estructura del suelo superficial (Martin y Moody 2001, Robichaud 2000, Neary et al. 1999).

La infiltración, definida como el proceso de entrada de agua al suelo (Narro Farías 1994), puede reducirse tras el paso del fuego. La relación entre la tasa de infiltración y la intensidad de la lluvia, determina la cantidad de agua que ingresa al suelo y queda disponible para las plantas, y la cantidad que se pierde por escurrimiento, con el consiguiente riesgo de erosión. Algunos autores indican que la disminución de la infiltración es favorecida por la formación de una capa hidrofóbica en el suelo dado que, durante la combustión de la materia orgánica, se producen compuestos volátiles que precipitan rodeando las partículas minerales, generando una capa repelente al agua (De Bano 1990, Martin y Moody 2001). Asimismo, la disminución de la cobertura vegetal y de la tasa de infiltración favorece el aumento de la escorrentía superficial y la erosión del suelo, lo que puede poner en riesgo la calidad de las aguas superficiales (Neary et al. 1999).

En la Región Andino Patagónica es escasa la información en esta temática. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el

comportamiento hidrológico de un suelo forestal luego del paso del fuego, mediante un ensayo de lluvia simulada.

Materiales y métodos

El sitio de estudio está ubicado en el noroeste de la provincia del Chubut, dentro del área afectada por el incendio denominado La Colisión, ocurrido en febrero de 2008, en cercanías al Parque Nacional Los Alerces. La vegetación correspondió a un bosque de ciprés, y los tratamientos considerados fueron:

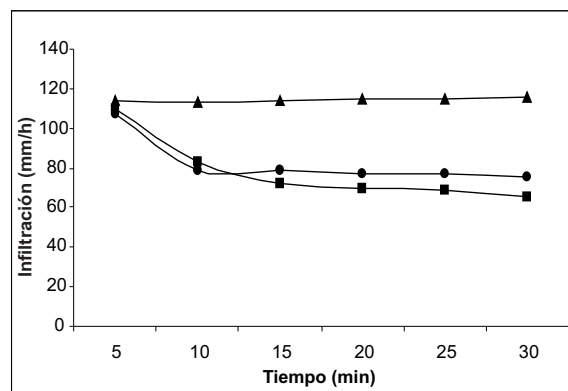
- 1) Bosque quemado y sin cobertura vegetal: se intentó simular el estado del suelo ni bien ocurrió el incendio; para ello se dejó el suelo completamente desnudo, eliminando la presencia de herbáceas y briófitas.
- 2) Bosque quemado: representando la situación actual, con presencia de herbáceas y briófitas que se establecieron luego de 1 año del incendio.

3) Control: bosque no quemado.

Se evaluó la tasa de infiltración, el escurrimiento y la producción de sedimentos, mediante el empleo de lluvia simulada. Se utilizaron parcelas de 1m x 2m (n= 4 repeticiones por tratamiento), delimitadas en sus laterales y en su lado superior por chapas de metal de 15 cm de ancho, de los cuales 10 cm fueron enterrados en el suelo. Las parcelas se orientaron en el sentido de la pendiente principal. En su parte inferior se les proveyó de un colector para canalizar el escurrimiento, el que fue recogido en su totalidad en bidones de 5 l. La lluvia fue aplicada mediante un simulador de lluvia de cono lleno a una intensidad de $\sim 100 \text{ mm h}^{-1}$, durante 30 minutos.

La tasa de infiltración se determinó a intervalos de 5 minutos, mediante la diferencia entre la lluvia aplicada y el escurrimiento recogido en cada intervalo de tiempo. Los sedimentos removidos de cada parcela se determinaron siguiendo la metodología descrita por Rostagno y Garayzar (1995).

Figura 1. Valores de infiltración durante la lluvia simulada según los distintos niveles de disturbio. Referencias:
● Quemado y sin cobertura vegetal.
■ Quemado.
▲ Control.



Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza. Aquellas variables que no cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad fueron analizadas mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, y contrastes de pares mediante la prueba de Comparación de Rangos Medios (Ramsey y Schafer 1997).

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos muestran que se evidenciaron diferencias significativas en la tasa de infiltración, escurrimiento superficial y producción de sedimentos según los distintos tratamientos (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios y error estándar de tasa de infiltración, escurrimiento y producción de sedimentos en suelos de un bosque de ciprés incendiado en Patagonia. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Tratamientos	Tasa de infiltración (mm/h)	Producción de sedimento (g/m ²)	Escurrecimiento (l/m ²)
Quemado y sin cobertura vegetal	75,3 (11,3)a	1026,1 (181,4)a	14,5 (3,4)a
Quemado	65,5 (9,1) a	118,7 (20,9) b	18,1 (0,9)a
Control	115,2 (2,2)b	4,4 (0,7)c	1,18 (0,6)b

La tasa de infiltración de los suelos de las parcelas del bosque no quemado (control) estuvo por encima de la intensidad de la lluvia, y se registró muy poco escurrimiento. En los suelos afectados por el fuego, la tasa de infiltración al final de la lluvia simulada fue menor respecto de los suelos de las parcelas control. En la Figura 2 se puede observar que la tasa de infiltración de los suelos afectados por fuego decae de manera abrupta en los primeros 10-15 minutos para luego mantenerse casi constante.

La eliminación de la cobertura orgánica como consecuencia del fuego explicaría, en gran medida, la disminución de la infiltración y el aumento del escurrimiento superficial. Asimismo, el aumento de la hidrofobicidad del suelo afectado por fuego también favorecería la reducción de la entrada del agua al suelo (Morales et al. 2010).

Diversos estudios han relacionado los incendios con la disminución de la infiltración, así como con incrementos en la escorrentía superficial y en los procesos erosivos (Martin y Moody 2001, De Bano 1990, Neary et al. 1999). Sin embargo, otros autores muestran resultados contradictorios: Molina Terren (1993) no obtuvo diferencias significativas en los valores de infiltración en suelos afectados por fuego, lo que se atribuyó a que las intensidades de fuego y el consumo de combustibles no fueron elevados dado el alto contenido de agua en el mantillo orgánico del suelo.

En cuanto al escurrimiento y a la producción de sedimentos, se observa que éstos fueron significativamente mayores en los suelos afectados por fuego respecto del control.

Es de destacar que se observó una notable diferencia en la producción de sedimentos según los distintos tratamientos afectados por fuego. En las parcelas correspondientes al tratamiento quemado sin presencia de herbáceas y briófitas, la producción de sedimentos fue significativamente mayor respecto de las parcelas quemadas con establecimiento de herbáceas y briófitas luego de un año del incendio. Esta evidencia sugiere que la presencia de briófitas juega un papel importante en la estabilización del suelo. Las estructuras de fijación de los musgos se entretajan en las capas superficiales del suelo formando una red que atrapa las partículas del suelo (Alvarez et al. 2004). Así, a pesar de que no se evidenciaron diferencias significativas en las tasas de infiltración y escurrimiento entre los tratamientos quemados, sí fue significativa la diferencia en el contenido de sedimentos del agua de escurrimiento y, en consecuencia, se reflejan diferencias en las tasas de pérdida de suelo (Tabla 1). Por lo tanto, la evaluación de la pérdida del suelo tras un incendio forestal resulta fundamental para determinar la aplicación de técnicas que aceleren la recuperación del suelo de bosques incendiados.

El aumento en la producción de sedimentos en las áreas quemadas depende, entre otros factores, de la frecuencia y severidad de los incendios, del clima, de la vegetación, la topografía, la geología y el tipo de suelo (Swanson 1981). En algunas regiones del mundo, más del 50 % de la

producción de sedimentos está relacionada con los incendios lo que, generalmente, ocurre después del primer año del incendio, en función de la intensidad de las lluvias y de cómo evolucione la cobertura vegetal (DeBano et al. 1998).

Conclusiones

El ensayo de lluvia simulada permitió obtener de forma expeditiva valores de infiltración, escorrentía y producción de sedimentos luego de un incendio, mostrando una disminución en la infiltración del suelo y un aumento de la escorrentía y producción de sedimentos en los suelos afectados por fuego.

Bibliografía

- Alvarez H, Cacheux I y Aguilar V. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. *Journal México* 25: 24-27.
- DeBano L. 1990. The effect of fire on soil properties. Symposium on Management and Productivity of Western-Montane Forest Soil, Boise, ID.
- DeBano L, Neary D y Ffolliott F. 1998. Fire's Effects On Ecosystems. John Wiley y Sons, New York, New York, USA. 333p.
- Martin D, Moody J. 2001. Comparison of soil infiltration rates in burned and unburned mountainous watersheds. *Hydrological Processes* 15:2893-2903.
- Molina Terren D. 1993. Efectos del fuego controlado en la velocidad de infiltración del agua en suelos forestales: Un caso de estudio en la costa norte de California. *Investigación Agraria Sistema Recursos forestales*. Vol. 2 (2).
- Morales D, Rostagno M y La Manna L. 2010. Impacto de incendios forestales recientes sobre algunas propiedades del suelo. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, 31 de mayo al 04 de junio de 2010. Formato digital.
- Narro Farias E. 1994. Física de suelos con enfoque agrario. Ed. Trillas. México. 195 p.
- Neary D, Klopatek C, DeBano L, Ffolliott. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122: 51-71.
- Ramsey F, Schafer D. 1997. The Statistical Sleuth: a course in methods of data analysis. Belmont, USA. Duxbury Press. 742 p.
- Robichaud P. 2000. Forest fire effect on hillslope erosion: What we know. *Watershed Management Council Networker* 9(1).
- Rostagno C y Garayzar D. 1995. Desarrollo de un simulador de lluvia para estudios de infiltración y erosión de suelos. *Ciencia del Suelo* 13:41-43.
- Swanson F. 1981. Fire and geomorphic processes. Pp. 410-420. In: Mooney H et al. (eds.) *Proceedings of the conference on fire regime and ecosystem properties*, Gen. Tech. Rep. WO-26. Washington, DC: US Department of Agriculture, Forest Service.