

# EFFECTOS DEL FUEGO CONTROLADO EN LA VELOCIDAD DE INFILTRACION DEL AGUA EN SUELOS FORESTALES: UN CASO DE ESTUDIO EN LA COSTA NORTE DE CALIFORNIA

D. M. MOLINA TERREN

Dept. of Forestry and Resource Management

145 Mulford Hall, University of California, Berkeley, CA 94720 - USA <sup>1</sup>

## RESUMEN

Utilizando infiltrómetros cilíndricos de gran tamaño –1 m de diámetro– se midieron velocidades de infiltración en suelos, tanto quemados como sin quemar, y en ambos casos bajo pinares de *Pinus muricata* D. Don en la costa Norte de California (Noroeste de la Ciudad de Santa Rosa). Las condiciones de suelo quemado se obtuvieron mediante fuego prescrito. Las velocidades (o tasas) de infiltración (de 1,17 a  $1,34 \times 10^{-4}$  m/s) no difirieron significativamente entre el control y miniparcelas bajo quemas controladas de pequeña intensidad lineal del fuego (menor que 60 kW/m) y pequeño/moderado consumo de combustible (50-120 mm). Resulta alentador poder reducir la cantidad de combustible acumulado (biomasa) mediante el uso de quemas prescritas sin comprometer los ritmos de los procesos hidrológicos del lugar. Además los fuegos no muy severos pueden diversificar los mosaicos de agrupaciones vegetales del paisaje: pirodiversidad genera biodiversidad.

**PALABRAS CLAVE:** Quemas prescritas  
Suelos  
Infiltración  
Hidrofobicidad  
Pirodiversidad

## INTRODUCCION

El incendio en la ciudad de Oakland, California, que en 1991 extinguió vidas humanas y millares de hogares, ha vuelto a suscitar preguntas acerca de cómo los procesos hidrológicos se ven afectados al incendiarse un paisaje (varias cuencas hidrográficas de primer orden). Ecológicamente el fuego no es un factor ni destructivo ni constructivo en sí; simplemente causa cambios. Con el uso del fuego prescrito como instrumento del manejo forestal se pueden obtener beneficios tales como el control de plagas, la mejora del hábitat de ciertos micromamíferos de la fauna silvestre, la preparación del suelo para siembra o plantación y la disminución de la posibilidad de que acontezca un fuego de severidad tal que acabe con la masa arbolada. Martin (1981) señala que cada quema debe ser planeada con el fin de cumplir varios objetivos que hayan sido clara y previamente definidos y, al

---

<sup>1</sup> Dpto. Producción Vegetal y Ciencia Forestal. Universidad de Lérida. Avda. Alcalde Rovira Roure, 177. 25006 Lérida (España)

Recibido: 22-7-92

Aceptado para su publicación: 2-7-93

mismo tiempo, manteniendo los efectos negativos de la quema por debajo de ciertos niveles prefijados. Una quema, por ejemplo, puede reducir un nivel peligroso de acumulación de combustible y, a su vez, mejorar el hábitat de aves y mamíferos al dar lugar a más amplias áreas de pasto y/o brotes más tiernos. Por otro lado, sus efectos pueden ser perjudiciales si las condiciones no son adecuadas, pudiendo dañar algún recurso natural como es el suelo bien al reducir su mojabilidad (como veremos más tarde) o bien al acelerar los procesos erosivos que actúan sobre él. Por tanto el fuego prescrito debe ser cuidadosamente usado debido a sus múltiples y complejos efectos.

Muchas personas tienen una imagen negativa del fuego debido a que los incendios ocurren con frecuencia en las peores condiciones posibles (por ejemplo, al final de un verano seco o un día caluroso y con fuertes vientos). Por el contrario las quemaduras prescritas se llevan a cabo cuando las condiciones meteorológicas son las deseadas pudiendo de esta manera (por paradójico que parezca) conseguir bien grandes intensidades de fuego con poco consumo de materia orgánica del suelo o bien gran consumo de materia orgánica del suelo con moderadas intensidades de fuego (Finney, Martin, 1992).

El fuego controlado es una herramienta corriente en el manejo forestal en países como Australia, Canadá y EE.UU. y no lo es en España ni en Francia aunque en estos dos últimos países su uso podría generalizarse en breve (Vega, 1982; Vélez, 1982; Casal *et al.*, 1990; Trabaud, 1990; Trabaud, Lepart, 1981).

El fuego causa tres efectos básicos en las formaciones, comunidades o agrupaciones vegetales: (a) calentamiento de plantas y suelos; (b) eliminación total o parcial de vegetación, hojarasca y humus con la consiguiente alteración de microhábitats; y (c) cambio de los niveles de nutrientes y de la movilidad de éstos en el suelo. Packham (1970) señala que el calor transmitido por convección desde el frente del suelo es tres veces mayor que el radiado y puesto que la mayor parte del transmitido por convección asciende y sólo una porción del radiado penetra en el suelo, resulta que únicamente un 5 p. 100 del calor liberado se emplea en aumentar la temperatura del suelo; por esta razón, considero que el grado de consumo de combustible es una variable más significativa que la intensidad lineal del fuego a la hora de estudiar los efectos del fuego en los suelos. Nótese que la intensidad lineal del fuego se define (Byram, 1959) como la cantidad de energía (calor) liberada por unidad de tiempo y por unidad lineal del frente del fuego; esto sólo afecta al suelo mientras el fuego está sobre él. Por el contrario, a continuación se produce una combustión sin llama que puede durar horas e incluso días. Así resulta que es en la fase de combustión sin llama cuando se consume la mayoría del combustible del suelo (humus y hojarasca) y cuando se transmite al suelo la mayor cantidad de calor principalmente por radiación y conducción.

Los incendios muy severos pueden dar lugar a masas vegetales coetáneas sobre una superficie considerable de terreno. Sin embargo, el fuego no resulta siempre un proceso homogeneizador; antes al contrario, en condiciones menos influidas por los seres humanos la pirodiversidad promueve biodiversidad (Martin, Sapsis, 1992). En otras palabras, que los distintos regímenes de fuego (intensidad, estacionalidad, recurrencia, etc.) en un paisaje producen un macromosaico de agrupaciones vegetales en distintos estados de madurez, que se traduce a su vez en una mayor diversidad de fauna salvaje. El incendio, como perturbación que es, puede afectar a cada nivel de organización de un sistema natural dado. Pickett *et al.*, (1989) señalan que analizar las perturbaciones en cada nivel y las interacciones entre niveles es vital para entender la importancia de las perturbaciones como fenómenos naturales. El fuego puede causar diversidad biológica en distin-

tos niveles de organización: en el paisaje, en el rodal y también en niveles inferiores (microniveles).

Son numerosos los estudios que han relacionado los incendios con valores de infiltración reducidos o impedidos, así como incrementos de la escorrentía superficial y los procesos erosivos. Scott, Van Wyk (1990) presentan evidencias de una relación causa-efecto entre suelos hidrofóbicos (después de un incendio) y el comportamiento hidrológico de una cuenca en Sudáfrica. De Bano (1969) indica que el horizonte superficial hidrófilo en el suelo varía desde una profundidad de más de un metro (antes de la quema) a unos pocos centímetros (después de la quema). Las características hidrológicas de los suelos bajo chaparral (formación arbustiva) californiano cambian drásticamente después de los incendios permitiendo entonces, que tras la quema, tormentas de moderada intensidad causen avenidas de considerable magnitud; y es por ello que Nassieri (1989) señala que se acortan los intervalos de recurrencia entre avalanchas; considero que éste es un concepto muy importante; se puede hablar de intervalos de recurrencia de tormentas de cierta intensidad (soslayando que el clima está siempre cambiando), pero considerando la existencia de una nueva variable que es el grado y tipo de cubierta vegetal. De Bano (1989) indica que el fuego afecta directamente tanto a la estructura del suelo como a la velocidad (tasa) de infiltración de agua en el suelo. Los suelos hidrófobos, aunque sea improbable su continuidad a lo largo y ancho de la cuenca, pueden aumentar la probabilidad de escorrentía superficial y por tanto la energía disponible para la erosión hídrica (Scott, Van Wyk, 1990). Ferral (1989) mejoró el modelo determinístico «Sacramento» de simulación en ordenador (Burnash *et al.*, 1973) que estima satisfactoriamente los efectos del fuego en los procesos hidrológicos de una cuenca. Para Sidle, Pearce (1985) los efectos inmediatos del fuego en suelos que desarrollan hidrofobicidad son, no sólo un incremento en escorrentía superficial y erosión, sino también una posible disminución de la probabilidad de deslizamientos de laderas, debido a que la capacidad de infiltración (y la infiltración resultante) es menor. Sin embargo, si no se genera hidrofobicidad, los deslizamientos serán más frecuentes, ya que al haber menos vegetación la transpiración será menor, llegándose más fácilmente al punto de solifluación.

En este estudio, el objetivo fue determinar si las velocidades (tasas) de infiltración disminuían al llevar a cabo quemas prescritas en pinares de *Pinus muricata* D. Don en «Salt Point State Park» al noroeste de la Ciudad de Santa Rosa, California (Fig. 1). Para medir las tasas de infiltración se seleccionaron dos tipos de infiltrómetros: de anillo y cilíndrico o de inundación. Siguiendo los razonamientos de Bouwer (1986) se escogió un infiltrómetro de un solo anillo (cilindro), pero de gran diámetro -1 m-, para así conseguir una medida precisa de la infiltración vertical del agua a lo largo del perfil del suelo. Loague (1990) describe un experimento similar al de este estudio pero utilizando varios infiltrómetros simultáneamente.

## MATERIAL Y METODOS

Las quemas controladas y las mediciones de infiltración se llevaron a cabo en «Salt Point State Park» durante el verano de 1991. En las siguientes secciones se describen las quemas, el esquema de muestreo y las mediciones de infiltración.

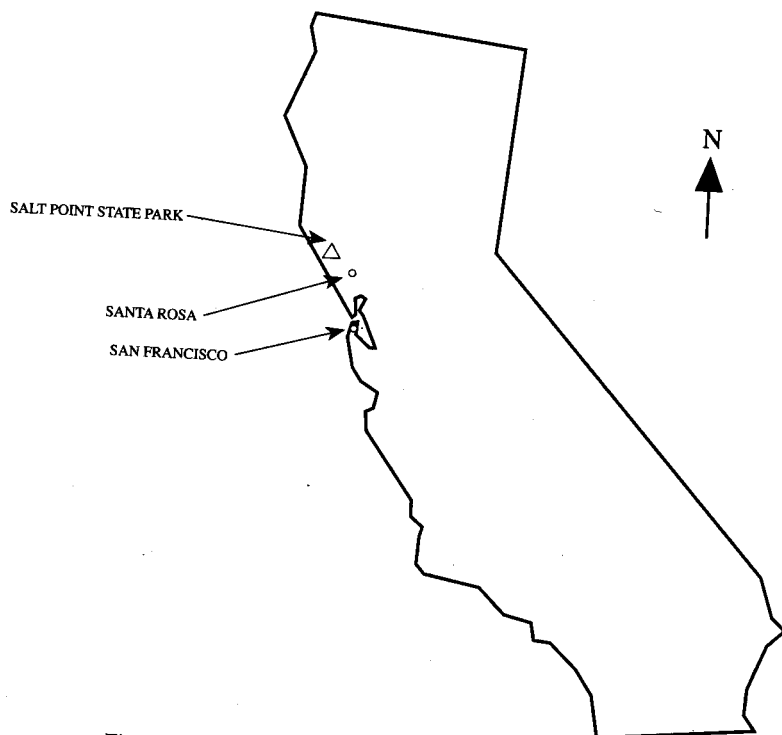


Fig. 1.—Localización de «Salt Point State Park» en California  
*Salt Point State Park location in California*

### Las quemas

Las características del fuego que se cuantificaron fueron: la longitud de la llama, la intensidad lineal del fuego y el consumo de combustible (hojarasca y humus). La longitud de la llama es la longitud (según el eje de ésta) desde el centro de la base de la llama hasta el extremo superior de ésta. La intensidad lineal (o intensidad del frente) del fuego se define (Byram, 1959) como la energía desprendida por unidad de tiempo y por unidad de longitud del frente. Byram (1959) estableció una ecuación que permite calcular la intensidad lineal del fuego (en kilovatios por metro y por segundo) en función de la longitud de la llama (en metros), y es la que se ha empleado en este estudio. El consumo de combustible es la cantidad de materia orgánica consumida por unidad de área (nótese que no se considera el tiempo). Aunque generalmente el consumo se mide en  $\text{kg/m}^2$ , en este estudio se expresará en mm de profundidad del suelo orgánico que es consumido durante la combustión. Nótese aquí que la combustión engloba tanto el proceso con llamas como el posterior sin llama o incandescencia.

Se utilizaron antorchas de goteo (gotean una mezcla de gasolina y gasoil) para la ignición de los fuegos y palas, rastrillos y picos para la ejecución de las líneas

cortafuegos. Se quemaron «miniparcels» cuadradas de dos metros de lado (Fig. 2) para así evitar el efecto borde sobre el área central sobre la que se situaría el infiltrómetro de un metro de diámetro. Unos clavos gruesos introducidos verticalmente en el suelo de la miniparcels y enrasados con el nivel superior del suelo orgánico (antes de quemar) servirían para medir sobre ellos cuántos milímetros de combustible se consumirían. Estos clavos se colocaron cerca del perímetro de la parcela, esto es, alejados de la zona central donde se mediría la infiltración a fin de no perturbar esta última.

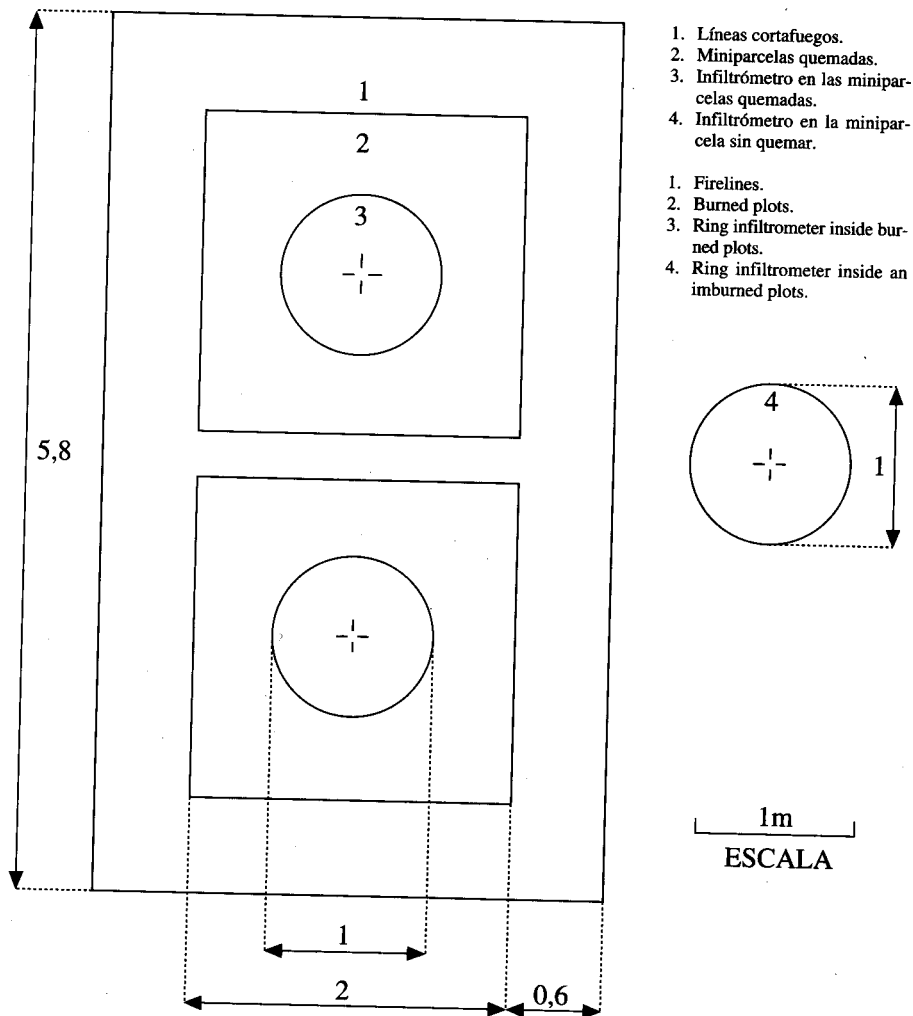


Fig. 2.—Esquema de muestreo en una de las localizaciones experimentales  
*Sampling scheme for one infiltration experiment site*

## El esquema de muestreo

Se trató de optimizar tanto la red de muestreo como las mediciones; para ello se establecieron tres unidades experimentales (miniparcels) contiguas en cada una de las dos localizaciones que se estudiaron. La Figura 2 muestra una localización genérica con sus tres miniparcels; dos de las cuales serían quemadas y la tercera serviría de control; alrededor de la miniparcels que iban a ser quemadas se establecieron líneas cortafuegos que tuvieron un ancho de 0,6 m y se limpiaron hasta dejar el suelo mineral en la superficie. Los centros de las miniparcels se encontrarían dentro de un círculo de cuatro metros de diámetro; primero se realizó un experimento de infiltración en la miniparcels control; seguidamente se procedió a quemar las otras dos; al día siguiente, para así dar tiempo a un consumo mayor de biomasa mediante combustión incandescente (sin llama), se realizó la primera ronda de experimentos de infiltración en las parcelas quemadas. A continuación se llevó a cabo una segunda ronda de experimentos, no sin antes retirar cuidadosamente tanto la ceniza como el suelo mineral hasta una profundidad de 60 mm. Este es el modo de retirar la hipotética capa hidrófoba que podría ser responsable de una menor tasa (velocidad) de infiltración. De Bano (1969) señala que la capa hidrófila o mojable es de un grosor que varía de varios a unos 50 mm; debajo de ésta está la capa hidrófoba.

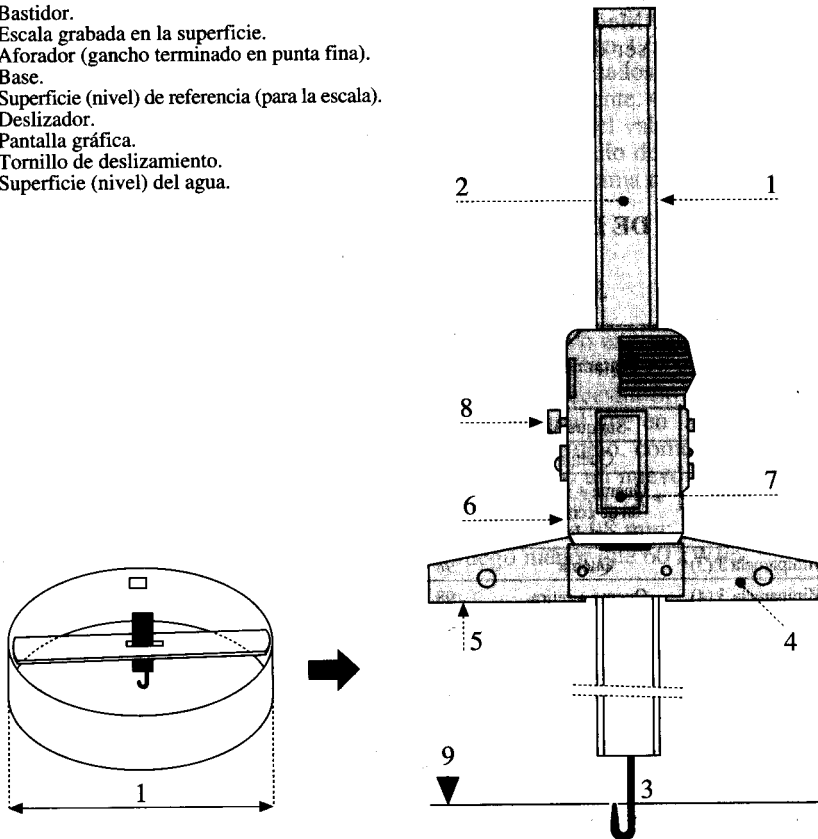
## Los experimentos de infiltración

El agua tuvo que ser transportada 0,5 km desde las oficinas del parque al lugar de los experimentos; y para ello se utilizaron tres contenedores de 0,2 m<sup>3</sup> remolcados por un vehículo. Se necesitaron al menos cuatro viajes para cada experimento. Se utilizaron infiltrómetros cilíndricos de 1 m de diámetro. El lector interesado en el diseño de los infiltrómetros (cilindro y aparatos auxiliares) usados en este estudio puede recurrir a Loague (1990). Sin embargo, mientras Loague empleó un aforador mecánico ahora se ha utilizado uno electrónico (Fig. 3). Se utilizaron tres anillos (cilindros) de infiltración a lo largo del experimento, pero no se realizaron mediciones simultáneas debido a la falta de agua en cantidad suficiente.

A la hora de escoger lugares para la realización de los experimentos de infiltración no se consideraron aquéllos que contenían hondonadas o pendientes importantes, para así poder conseguir alturas más o menos uniformes de agua en el anillo. También se evitó la proximidad de árboles de gran tamaño debido a que sus raíces podrían ocasionar tanto dificultades en la introducción del cilindro como canalizaciones del movimiento de agua. En cada miniparcels-control la vegetación fue cortada a una altura aproximada de 20 mm sobre el nivel del suelo; en las quemadas el fuego consumió toda la vegetación; los cilindros fueron introducidos uniformemente en el suelo unos 100 mm; y entonces, se regó el área bajo el perímetro y se sellaron las discontinuidades entre el metal y el suelo presionando este último contra el anillo. Tras una fase de irrigación fue posible obtener una profundidad de agua en el cilindro. Al comenzar cada medición se paraba la irrigación y se medía el nivel de agua en el cilindro, que tuvo un valor medio de 45 mm sobre el nivel del suelo. Se procedía seguidamente a determinar la velocidad (tasa) de infiltración en un test de caída del nivel de agua durante dos minutos. Con el aforador electrónico (0,01 mm de precisión) se midió la caída del nivel de agua embalsada en el cilindro durante esos dos minutos. Después de cada medida se repuso el

nivel de agua y se repitió el experimento hasta que tres medidas consecutivas convergían. Debido a la alta permeabilidad del suelo la mayoría de los suelos requirieron dos días de irrigación para conseguir agua embalsada y medidas convergentes. El valor final (asintótico) de la velocidad de infiltración se utilizó como un estimador de la conductividad hidráulica del suelo cerca de la superficie y en estado saturado de agua. Tanto la conductividad hidráulica como la tasa (velocidad) de infiltración tienen unidades de velocidad (m/s); de ahí que el término «velocidad» de infiltración sea más descriptivo del proceso que «tasa».

1. Bastidor.
2. Escala grabada en la superficie.
3. Aforador (gancho terminado en punta fina).
4. Base.
5. Superficie (nivel) de referencia (para la escala).
6. Deslizador.
7. Pantalla gráfica.
8. Tornillo de deslizamiento.
9. Superficie (nivel) del agua.



**Fig. 3.**—Aforador electrónico para la medición del nivel de agua envasada en el cilindro del infiltrómetro. El anillo de infiltración y sus aparatos auxiliares están descritos por Loague (1990)  
*Electronic point gage for measuring water level decline in infiltration experiment.  
 The ring is described by Loague (1990)*

## RESULTADOS

Los resultados se resumen en la Tabla 1.

### Localización A

La localización A está bajo cubierta de pinar de *Pinus muricata* con un denso sotobosque de *Pteridium aquilinum* y *Gaultheria shallon*. Hay plántulas de *Pseudotsuga menziesii*, *Abies grandis* y *Pinus muricata* en las proximidades (a pocos metros). Mediante un test hidrométrico para analizar la textura del suelo, ésta resultó ser de un loam (42 p. 100 arena, 40 p. 100 limo y 18 p. 100 arcilla).

**TABLA 1**  
**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS**  
**DE INFILTRACION**

*Summary of infiltration experiments*

Miniparcela o unidad experimental	Tratamientos	Consumo de combustible (mm)	Velocidad final de infiltración	Longitud de la llama (1) (m)	Intensidad lineal del fuego (kW/m) (2)
Miniparcela 1	Sin quema	0	$1,34 * 10^{-4}$	0	0
Miniparcela 2 (3)	Quema	121	$1,17 * 10^{-4}$	< 0,5	< 60
Miniparcela 2 (4)	Quema + retirada de ceniza y suelo	121	$1,21 * 10^{-4}$	< 0,5	< 60
Miniparcela 3 (3)	Quema	98	$1,24 * 10^{-4}$	< 0,5	< 60
Miniparcela 3 (4)	Quema + retirada de ceniza y suelo	98	$1,28 * 10^{-4}$	< 0,5	< 60
Miniparcela 4	Sin quema	0	$> 1,75 * 10^{-4}$	0	0
Miniparcela 5 (3)	Quema	51	$> 1,75 * 10^{-4}$	< 0,5	< 60
Miniparcela 6 (3)	Quema	68	$> 1,75 * 10^{-4}$	< 0,5	< 60

- (1) Longitud de la llama es la longitud de ésta, medida a lo largo de su eje, desde el centro de la base de la llama hasta su extremo superior.
  - (2) Kilowatios (Watts) por metro. Notar que la intensidad lineal del fuego se define como la cantidad de energía (calor) emitido en la unidad de tiempo por una unidad de longitud lineal del frente del fuego.
  - (3) Este es el primer experimento de infiltración realizado en esta miniparcela.
  - (4) Este el segundo experimento de infiltración realizado en esta miniparcela; después de retirar la ceniza y los 60 mm superiores del suelo.
- (1) *Flame length is the slant length from about the center of the base of the flame to the top.*
  - (2) *Note that fireline intensity, kilo watts per meter, is defined as the rate of heat released per across the depth of a fireline on meter wide.*
  - (3) *This is the first infiltration experiment in this plot.*
  - (4) *This is the second infiltration experiment in this plot, (after removing ash and the top 60 mm of soil).*



### Miniparcela 1

En los días 11 y 12 de julio de 1991 se realizó un experimento en la miniparcela control. El valor final de la velocidad de infiltración resultó  $1,34 \times 10^{-4}$  m/s; el nivel del agua en el cilindro descendió 15,8 mm en dos minutos. El experimento requirió  $2,8 \text{ m}^3$  de agua (catorce contenedores de  $0,2 \text{ m}^3$ ) durante dos días.

### Miniparcela 2

El 27 de julio de 1991 se llevó a cabo un segundo experimento de infiltración. La velocidad final de infiltración resultó  $1,17 \times 10^{-4}$  m/s; el nivel de agua en el cilindro descendió 14,0 mm en dos minutos. Se necesitaron  $1,6 \text{ m}^3$  de agua (ocho contenedores de  $0,2 \text{ m}^3$ ). El día siguiente se retiraron cuidadosamente los 60 mm más superficiales del suelo como se ha indicado previamente. Con  $0,8 \text{ m}^3$  adicionales de agua se realizó un nuevo experimento en el cual el valor final de la velocidad de infiltración resultó  $1,21 \times 10^{-4}$  m/s. El valor medio del consumo de biomasa (hojarasca y humus) fue 121 mm; la longitud de la llama menor que 0,5 m; y la intensidad lineal del fuego menor que 60 kW/m.

### Miniparcela 3

En los días 3 y 4 de agosto se llevó a cabo un nuevo experimento de infiltración. La velocidad final de infiltración resultó  $1,24 \times 10^{-4}$  m/s; el nivel del agua en el cilindro descendió 14,9 mm en dos minutos. Se necesitaron  $1,6 \text{ m}^3$  de agua (ocho contenedores de  $0,2 \text{ m}^3$ ). El día siguiente, al igual que en la miniparcela 2, se retiraron cuidadosamente los 60 mm superiores de suelo, como se ha indicado previamente. Con  $0,8 \text{ m}^3$  adicionales de agua se realizó un nuevo experimento en el cual el valor final de la velocidad de infiltración resultó  $1,28 \times 10^{-4}$  m/s. El valor medio de consumo de biomasa (hojarasca y humus) fue 98 mm; la longitud de la llama menor que 0,5; la intensidad lineal del fuego menor que 60 kW/m.

### Localización B

La localización B está bajo cubierta de pinar de *Pinus muricata* con un ligero sotobosque de *Pteridium aquilinum* y *Myrica californica*. Hay plántulas de *Pinus muricata* cercanas a donde quedan colocados los infiltrómetros. Mediante un test hidrométrico para analizar la textura del suelo, ésta resultó ser la de un loam (41 p. 100 arena, 40 p. 100 limo y 19 p. 100 arcilla).

### Miniparcelas 4, 5 y 6

El día 18 de diciembre se comenzó una nueva serie de experimentos en una localización B situada a unos 100 m de A. Debido a que durante ese verano no había llovido, el perfil del suelo mineral estaba más seco que cuando se trabajó en A. La miniparcela 4 fue la control. La 5 y 6 fueron quemadas. En estas últimas el consumo medio de combustible (hojarasca y humus) fue respectivamente 51 y 68 mm; la longitud de la llama menor que 0,5 m y la intensidad lineal del fuego menor que

60 kW/m. A pesar de que se esperaban unos consumos mayores, éstos fueron aproximadamente la mitad de los que hubo en A. No fue posible ejecutar satisfactoriamente los experimentos de infiltración en B puesto que no pudo obtenerse el nivel deseado de agua embalsada; después de irrigar con 2,4 m<sup>3</sup> en la miniparcela 5 no se obtuvo un encharcamiento apreciable en el cilindro.

## DISCUSION

De Bano (1989) señala que la predicción de los efectos del fuego en el suelo requiere: caracterizar la intensidad del fuego, relacionar las características del fuego con el calentamiento del suelo y, cuantificar los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. En este estudio se ha matizado el primer requerimiento de De Bano (1989) y así se ha considerado tanto la intensidad lineal del fuego como el consumo de combustible. La longitud de llama fue siempre menor que 0,5 metros, lo cual supone una intensidad lineal del fuego menor que 60 kW/m que es pequeña. Los consumos del suelo forestal (hojarasca y humus) fueron de una profundidad 51-121 mm, que son valores de pequeños a moderados. Cuanto más suelo forestal es consumido, mayor calor (energía) es desprendido y mayores pueden ser los efectos tanto en los factores bióticos como abióticos del suelo. De la misma manera, cuando más suelo forestal es consumido, menor es la cantidad de materia orgánica presente y el suelo mineral estará más expuesto a los procesos erosivos.

La propiedad física objeto de estudio en este trabajo ha sido la conductividad hidráulica del suelo en estado saturado; y para estimar ésta, la propiedad física que se ha cuantificado ha sido la velocidad (tasa) final de infiltración. No se encontraron diferencias significativas en las tasas de infiltración, que variaron de 1,17 a  $1,34 \times 10^{-4}$  m/s. Estos valores, tomados como estimadores de la conductividad hidráulica en estado saturado, caen dentro del rango que generalmente se atribuye a los loam (ej. Freeze, Cherry, 1979). Debido a la limitación a la hora de suministrar agua lo bastante deprisa, el sistema de irrigación usado con los infiltrómetros no resultó capaz de medir velocidades de infiltración mayores de  $1,75 \times 10^{-4}$  m/s. La disponibilidad y transporte de agua junto con la gran permeabilidad del suelo limitaron el número de experimentos que pudieron llevarse a cabo. Al final del verano (18 de septiembre), el perfil del suelo en B estaba extremadamente seco, no siendo así posible obtener agua embalsada en los cilindros usando los mismos medios que los usados en A previamente. Por otro lado, tampoco se obtuvieron ni intensidades de fuego ni consumos de combustibles elevados en los ensayos. La razón fue el contenido alto de agua en la cubierta muerta del suelo. La proximidad al mar de los sitios de experimento y la abundancia de niebla favorecieron ese alto contenido de agua.

## CONCLUSIONES

No se observaron diferencias significativas en las velocidades finales de infiltración en suelos bajo cubierta de *Pinus muricata* D. Don tratados o no con quemados de pequeña intensidad lineal del fuego (menor que 60 kW/m) y consumos

pequeños o moderados de combustible (51-121 mm). No hubo diferencias significativas entre tres miniparcels contiguas, dos de las cuales fueron quemadas y la tercera sirvió como control. No se observaron tampoco diferencias significativas entre el tratamiento de quema y el tratamiento de quema más retirada de cenizas y horizontes superficiales del suelo.

Las quemas de miniparcels resultan fáciles tanto de controlar como de cuantificar en ellas las características del fuego y en general los procesos que en ellas se acontecen. En trabajos venideros sería importante extrapolar racional, que no necesariamente linealmente, los efectos tanto hidrológicos como ecológicos de las quemas controladas en parcelas experimentales a extensiones mayores; esto es, grandes escalas. Es por esto que, como en casi todos los rincones de España el fuego es un elemento importante en la configuración del paisaje (quizá acentuado por la presión humana) es preciso un estudio detallado de los efectos cuantitativos del fuego tanto en los procesos hidrológicos como en la dinámica de la cubierta vegetal. Y así, con una sólida base científica, poder utilizar las quemas prescritas para la consecución de los objetivos que la sociedad demanda de los gestores de montes.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a los profesores de la Universidad de California en Berkeley: Dr. Keith Loague (Department of Soil Science) y Dr. Robert Martin (Department of Forestry and Resource Management) su ayuda y estímulo en la relación de esta investigación y por la revisión de mis escritos en inglés sobre estos temas. David Sapsis y Marta Fajó ayudaron en las labores de campo.

## SUMMARY

### Prescribed burning effects on infiltration rates in forests soils: a study site in coastal Northern California

Infiltration rates were measured with large diameter ring infiltrometers in both burned and unburned conditions in *Pinus muricata* D. Don stands north-west of Santa Rosa, California. Prescribed burning conditions of low fireline intensity (less than 60 kw/m) removed 51 to 121 mm of litter and duff. In the first site, the infiltration rates ranged from 1.17 to  $1.34 \cdot 10^{-4}$  m/s, and it seemed that no changes followed by the controlled burns of low fireline intensity and low fuel consumption. In the second site, infiltration rates were higher than  $1.75 \cdot 10^{-4}$  m/s for both control and burned conditions without being able to detect possible differences.

**KEY WORDS:** Prescribed burns  
Infiltration  
Hydrophobicity  
Pyrodiversity

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BOUWER H., 1986. Intake Rate: Cylinder Infiltrometer. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogic Methods, 2nd Edition, A. Klutz (Editor). ASA, Madison, Wisconsin, 825-844.
- BURNASH R. J. C., FERRAL R. L., MCGUIRE R. A., 1973. A generalized streamflow simulation system, conceptual modelling for digital computers. National Weather Service and California Department of Water Resources.

- BYRAN G. M., 1959. Fire behavior. Ch. 4. In: Davis, K. P., Forest Fire - Control and Use. McGraw-Hill, New York.
- CASAL M. *et al.*, 1990. Post-fire dynamics in experimental plots of shrubland ecosystems in Galicia (NW Spain). *Fire in Ecosystem Dynamics*, 33-42.
- DE BANO L. F., 1969. The Relationship between Heat Transfer and Water repellency in Soils - Water repellent soils. In: Proceedings of the Symposium on Fire and Water Repellent Soils, University of California, Riverside, 265-279.
- DE BANO L. F., 1989. Effects of Fire on Chaparral Soils in Arizona and California and Postfire Management Implications. In: Proceedings of the Symposium on Fire and Watershed Management. USDA, Forest Service, General Technical Report PSW-109, 55-62.
- FERRAL R. L., 1989. Application of the SAC88 to Estimate Hydrological Effects of Fire in a Watershed. In: Proceedings of the Symposium on Fire and Watershed Management. USDA, Forest Service, General Technical Report PSW-109, 72-74.
- FINNEY M. A., MARTIN R. E., 1992. Prescribed underburning and some initial effects in young-growth coast redwood forest of California. In 11th Conference in Fire and Forest Meteorology, Missoula, MT, USA.
- FREEZE R. A., CHERRY J. A., 1979. Groundwater. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, USA.
- KAUFFMAN J. B., MARTIN R. E., 1989. Fire behavior, fuel consumption, and forest fuel changes following prescribed understorey fires in Sierra Nevada mixed conifer forest. *Canadian Journal of Forest Resources*, 19: 455-462.
- LOAGUE K., 1990. Sampling Design for Simultaneous Steady-State Infiltration Experiments with Ring Infiltrimeters. *Water Resources Bulletin* 26: 935-938.
- LOAGUE K., GANDER G. A., 1990. R-5 Revisited: 1. Spatial Variability of Infiltration on a Small Rangeland Watershed. *Water Resources Research* 26: 957-971.
- MARTIN R. E., 1981. Prescribed Burning Techniques to Maintain or Improve Soil Productivity. In: Hobbs, S. D. and Helgerson, O. D., Eds. Reforestation of Skeletal Soils: Proceedings of a Workshop; 1981 November 17-19; Medford, OR and Corvallis, OR: Forest Research Laboratory, Oregon State University; pp. 66-70.
- MARTIN R. E., SAPSIS D. B., 1992. Fires as Agents Promoting Biodiversity-Pyrodiversity Promotes Biodiversity. In: Proceedings on Biodiversity of Northwestern California, R. R. Harris and D. C. Erman, eds., Division of Agriculture, University of California, 150-157.
- NASSIERI I., 1989. Frequency of Floods from a Burned Watershed. In Proceedings of the Symposium on Fire and Watershed Management. USDA, Forest Service, General Technical Report PSW-109, 68-71.
- PACKHAM R. D., 1970. Heat transfer above a small ground fire. *Australia Forestry Resources*, 5: 19-24.
- PICKETT S. T. A., KOLASA J., ARMESTO J. J., COLLINS S. L., 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *OIKOS* 54: 129-136.
- SIDLE R. C., PEARCE A. J., O'LOUGHLIN C. L., 1985. Hillslope Stability and Land Use. *Water Resources Monograph* 11, American Geophysical Union.
- SCOTT D. F., VAN WYK D. B., 1990. Effects of wildfire on soil wettability and hydrological behavior of an afforested catchment. *Journal of Hydrology*, 121: 239-256.
- TRABAUD L., 1990. Fire resistance of *Quercus coccifera* L. garrigue. *Fire in Ecosystem Dynamics*, 21-32.
- TRABAUD L., LEPART J., 1981. Changes in the floristic composition of a *Quercus coccifera* L. garrigue in relation to different fire regimes. *Vegetatio* 46: 105-116.
- VEGA J. A., 1982. Utilización del fuego controlado en las comunidades vegetales de Galicia (NW Spain). I Jornadas Técnicas de Prevención de Incendios Forestales. Lourizán (Pontevedra).
- VELEZ R., 1982. Fire effects and fuel management in mediterranean ecosystems in Spain. In: Proceedings of the symposium on Dynamics and Management of Mediterranean-Type Ecosystems. USDA-FOREST SERVICE, Gen. Tech. Report PSW-58.