

CANVIS EN LA CAPACITAT D'INFILTRACIÓ D'UN SÒL DESPRÉS D'UN INCENDI FORESTAL AL MASSÍS DE CADIRETES. IMPORTÀNCIA DE LA INTENSITAT DEL FOC EN LES TAXES D'INFILTRACIÓ

Xavier Úbeda

GRAM (Grup de Recerca Ambiental Mediterrània). Dept de Geografia Física i AGR. Universitat de Barcelona. C/ Baldri Reixac s/n. 08028 Barcelona.

RESUM

Aquest treball té com a objectiu comparar la capacitat d'infiltració d'un sòl forestal abans i després d'un incendi forestal. Es van distingir tres zones diferents dins de l'àrea cremada depenent de la intensitat amb què el foc va cremar. També es van fer anàlisis de porositat i humitat per poder establir relacions entre aquests paràmetres i la capacitat d'infiltració. Els resultats obtinguts mostren menys infiltració a les tres zones cremades si es compara amb una zona de bosc control, i també diferències en les taxes d'infiltració entre les tres zones. La recuperació de la capacitat d'infiltració es fa evident al cap de dos anys. S'observa una clara relació entre la porositat del sòl i la capacitat d'infiltració, sense oblidar la importància de la hidrofobicitat del sòl cremat.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo comparar la capacidad de infiltración de un suelo forestal antes y después de un incendio forestal. Se distinguieron tres zonas diferentes dentro del área quemada dependiendo de la intensidad de fuego. También se realizaron análisis de porosidad y humedad para poder establecer relaciones entre estos parámetros y la capacidad de infiltración. Los resultados obtenidos muestran menos infiltración en las tres zonas quemadas si se comparan con una zona de bosque control y también diferencias entre las tasas de infiltración en las tres zonas. La recuperación de la capacidad de infiltración se hace evidente al cabo de dos años. Se observa una clara relación entre la porosidad del suelo y la capacidad de infiltración, sin olvidar la importancia de la hidrofobicidad del suelo quemado.

ABSTRACT

The aim of this paper is compare the soil infiltration capacity in a forest before and after a forest fire. Three zones were distinguished depending on the fire intensity. Porosity and moisture content were analysed in order to established relations with the infiltration capacity. Results show less infiltration in the burnt zones. There are differences between the values of the unburnt control area and the burnt area, and also between the different fire intensity zones. The infiltration capacity recuperation is clear after two years. It is observed a relationship between the infiltration capacity and porosity, and it is also important to take into account the hydrophobicity of the burnt soil.

Key words: burnt soils, fire intensities, infiltration capacity, soil porosity

INTRODUCCIÓ

L'interès de l'estudi dels canvis en la capacitat d'emmagatzematge d'aigua i infiltració després d'incendis forestals, rau en la relació directa que tenen en l'increment d'escolament, que porta com a resultat una major erosió. A més, l'erosió modifica la resposta hidrològica en el sentit que genera més escolament per la desaparició de la capa superior absorbent (Sala i Batalla, 1996).

Un augment de la velocitat en superfície i en profunditat, junt amb un descens en la capacitat d'absorció per part del sòl, pot derivar en moviments en massa del sòl (Swanston i Swanson, 1976); el fet es pot incrementar quan ja no hi ha tantes arrels que fan d'csquelet del sòl (Ziemer i Swanston, 1977). Per la seva part, un augment de la velocitat de l'aigua en superfície, també donada per la manca de vegetació i arrels, provoca vessants avall una major producció de xaragalls (Wells, 1981) que al mateix temps concentren l'aigua i així produeixen major força per poder erosionar amb més facilitat el sòl i provocar crescudes en rieres i fins i tot inundacions a les planes (Aguirre i Rey 1980; Prieto, 1990).

En treballs realitzats sobre sòls cremats s'observen diferències en l'estat del sòl després dels incendis. Garren (1943) va apreciar que el sòl cremat és més impermeable. Heyward (1937) va fer anàlisis de porositat del sòl i va trobar que el sòl era més porós i més penetrable un cop cremat; el mateix resultat va establir Mallik *et al.* (1984), encara que altres estudis (Kittredge, 1938) troben que la porositat decreix a causa del segellament de pors per part d'insectes i altres microorganismes morts. La part mineral del sòl disgregada per l'impacte de la pluja també pot segellar els microporus i macroporus del sòl, i evitar així no només la circulació d'aigua sinó també la de l'aire (Vogl i Ryder, 1969), (DeBano i Rice, 1971).

Només els sinistres més severs són els que alteren directament la porositat i l'estructura del sòl segons McNabb i Swanson (1990). Ells atribueixen aquest tipus de canvis a sòls secs i amb molt combustible cremat.

Segons Giovannini (1994) la porositat del sòl experimenta, en sòls argilosos, un increment a causa de la calcinació de matèria orgànica i la pèrdua d'hidròxids de les argiles; en canvi, en sòls sorrencs ha comprovat una disminució de la porositat sense haver d'obtenir temperatures molt elevades. Altres estudis no troben diferències en la porositat del sòl després d'un incendi (Martínez i Díaz, 1994).

Molts dels estudis realitzats han comprovat una disminució de la capacitat d'absorbir aigua i una disminució de la infiltració donada per canvis en la física del sòl (Wahlenberg, 1935; Anderson, 1976; Campbell *et al.* 1977; Martínez i Díaz, 1994; Soler *et al.* 1994). Arend (1941), en experiments realitzats a Missouri, va comprovar com la infiltració es reduïa en un 38 %. Estudis anteriors (Kittredge, 1938) ja havien comprovat aquest aspecte obtenint taxes d'infiltració quatre vegades inferiors en sòls cremats que en les parcel·les control. Altres autors que també obtenen percentatges inferiors a la parcel·la cremada són els següents: Greene *et al.* (1990) 28 %, Ferreiro (1990) obté un 35 % menys i Díaz-Fierros *et al.* (1990) un 25 % menys d'infiltració a la parcel·la cremada que a la parcel·la control. Ara bé, altres estudis (Scotter, 1964), han experimentat un increment en la infiltració, i d'altres (Suman i Halls, 1955) no van trobar canvis en les taxes d'infiltració.

Pradas *et al.* (1994) troben increments i disminucions en la capacitat d'infiltració

després d'incendis amb resultats obtinguts amb simulacions de pluja. Els autors conclouen dient que com que el sòl i sobretot la superfície varien al llarg del temps, aquests canvis poden influir en la infiltració de l'aigua. L'època de l'any en què es fan els experiments també és important per a la interpretació dels resultats. És necessari saber el tipus d'humus per entendre la major o menor capacitat d'infiltració d'un sòl. L'humus tipus moder té una gran capacitat d'infiltració i emmagatzematge d'aigua, més que no pas el tipus mor. En un sòl del primer tipus d'humus l'escolament és molt menor (Sevink *et al.*, 1989).

La humitat del sòl es redueix sobretot en els primers cinc centímetres del sòl després d'un incendi (Dyrness *et al.*, 1957). Alguns autors (Hervey, 1949; Larson i Duncan, 1978) no van trobar diferències en la humitat del sòl abans i després de ser cremat, i d'altres, com Calvo i Cerdà (1994) troben absolutament sec el sòl després d'un incendi. El que sí es pot constatar és que, atesa la desprotecció de vegetació, hi ha més escalfament del sòl i més evapotranspiració i la humitat dels primers centímetres es redueix (Beadle, 1940). Beaton (1959) va enregistrar temperatures 10°C superiors a una àrea cremada que en una que no ho estava. La diferència era només de 2°C en un lloc ombrejat. També va calcular la mitjana setmanal i era superior en 11°C al vessant sud, i de 8°C al vessant nord. Altres autors conclouen que aquest estat és temporal, fins que torna haver-hi protecció vegetal (Blaisdell, 1953). En països on el gel és un fet habitual a l'hivern, com ara Suècia o Holanda, s'ha comprovat com el temps de residència del gel en superfície era menor en boscos cremats (Kolehmainen, 1951).

Una de les causes més importants, a causa en part de canvis físics, i que es creu responsable directa de l'increment de l'escolament, és la hidrofobicitat de la superfície del sòl després d'un incendi (DeBano *et al.*, 1967). Gran part de la matèria orgànica, prop del 90 %, cremada en un incendi es transforma en fum, gas i cendra (DeBano, 1974). Però una petita part és assimilada cap a baix del perfil en forma de gas i condensada quan arriba a un cert nivell on la temperatura és més baixa (DeBano, 1966; McNabb i Swanson, 1990). Després de la condensació, s'adhereix fortament a les parets dels porus formant una pel·lícula repel·lent de l'aigua (Savage, 1974). Les substàncies que provoquen aquesta repel·lència són hidrocarburs que es troben en la matèria orgànica i que podien assemblar-se a un tipus de cera (Savage *et al.*, 1972). Aquests agents cimentadors són insolubles en aigua (Rengasamy *et al.*, 1984). Brenden (1967) afirma que la màxima font d'elements hidrofòbics provenen de la fullaraca, encara que no està molt clar quin dels components de la fullaraca és el responsable.

L'espessor d'aquest nivell repel·lent, que pot trobar-se paral·lel a la superfície, dependrà de la intensitat del foc, de la quantitat d'aigua al sòl i de les propietats físiques del sòl. Dependrà de la temperatura del sòl que aquest nivell sigui més o menys profund (Scholl, 1975). Dyrness (1976) va estudiar nivells hidrofòbics en un incendi de pins a Montana (EUA), i va trobar espessors que anaven de 2,5 fins a 23 cm; aquests nivells van ser presents durant cinc anys. Un estudi més recent a Sud-àfrica (Boelhouwers *et al.*, 1996) troben horitzons repel·lents després de l'incendi que van de 2 a 10 cm, observant que són els causants d'una menor infiltració i conseqüentment d'una major erosió. L'efecte es veu molt reduït quan la textura del sòl és sorrenca, atesa la impossibilitat de les substàncies causants d'adherir-se fàcil-

ment a les seves parets i d'omplir tot els porus (Salih *et al.*, 1973), encara que Savage *et al.* (1972) van comprovar que un sòl sorrenc pot arribar a ser igualment molt hidrofòbic.

ÀREA D'ESTUDI

L'incendi de Llagostera va començar el migdia del dia 5 de juliol de 1994 i va ser extingit en sis hores; es van cremar un total de 55 hectàrees arbrades de *Pinus pinaster* i *Quercus suber*, i es va creure que la causa de l'incendi era intencionada. Aquest incendi va tenir lloc al massís de Cadiretes o Ardenya, que està localitzat a l'extrem sud del sistema Gavarres/Cadiretes, que forma l'extrem més septentrional de les Serralades Costeres Catalanes. El massís se situa a la comarca de la Selva, dins els termes municipals de Sant Feliu de Guíxols, Tossa de Mar i Llagostera; és en aquest últim municipi on va tenir lloc l'incendi, que en pren el nom.

Aquesta àrea cremada està situada en una zona peculiar, geològicament parlant, ja que es troba sobre roques metamòrfiques, que no és la litologia representativa, ja que és el granit el que ocupa la gran part del massís de Cadiretes.

A la figura 1 estan marcades les zones d'experimentació o estudi, que es divideixen en "zona de baixa intensitat de foc" (on el foc va cremar menys intensament el combustible forestal), "zona de mitjana intensitat de foc" i "zona d'alta intensitat de foc" (lloc on el combustible va ser més intensament cremat). En el mapa també està marcada la "zona de bosc control", propera a les zones cremades i d'iguals característiques fisiogràfiques i de vegetació.

Segons la Soil Taxonomy, i després d'haver fet la descripció de tres perfils a l'àrea cremada de Llagostera i un a la zona de bosc control, s'ha arribat a classificar el sòl dins l'ordre dels inceptisols.

Els inceptisols són sòls poc madurs, que poden estar en equilibri durant molt de temps o evolucionar cap a un altre tipus d'ordre. Ara bé, l'erosió és un dels problemes més greus d'aquest tipus de sòl pel que fa a la seva degradació. Això ve donat perquè hi ha un cert equilibri entre el temps de formació del sòl i els processos d'alteració de la roca; per això la pèrdua de vegetació pot conduir freqüentment a la pèrdua d'aquest sòl per erosió.

METODOLOGIA

Immediatament després de l'incendi, les diferents intensitats de foc van ser determinades al camp. Es van distingir tres zones mitjançant l'observació de l'estat dels arbres i les quantitats de branques i fulles que romanien, així com la quantitat de fullaraca que tenia la superfície del sòl. La vegetació després de l'incendi en les diferents zones tenia les característiques següents:

Zona 1 o de baixa intensitat de foc: Els arbres (*Pinus* i *Quercus*) mantenien algunes fulles (encara que no totes fossin de color verd) i un gran nombre de branques, fins i tot petites. Molta fullaraca va cobrir el sòl just després de l'incendi i no va arribar a cremar-se. Els *Quercus suber* van sobreviure, i també algun *Pinus pinaster*. Aquesta zona es localitza al voltant del torrent. Sota la fullaraca dipositada es

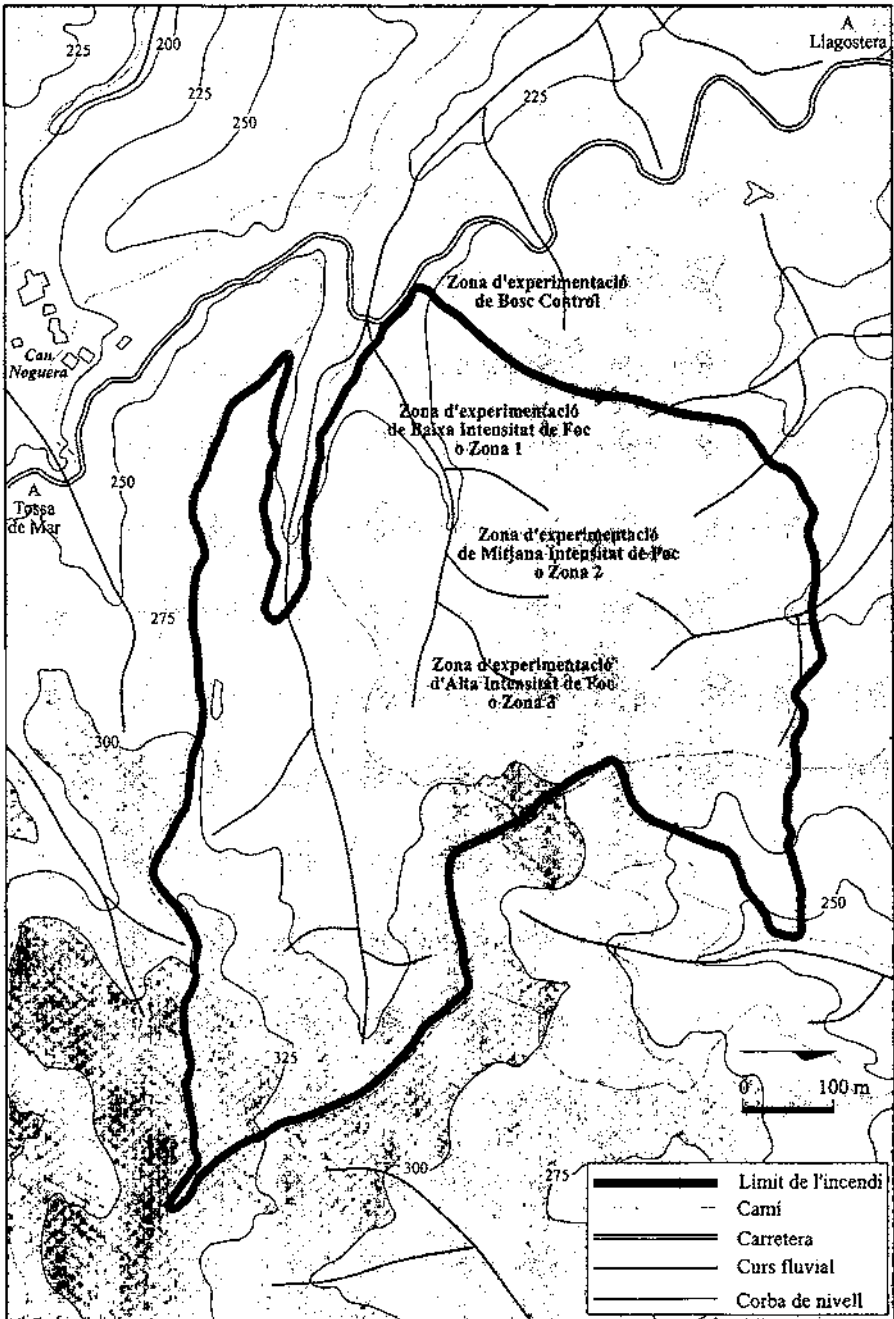


Figura 1. Situació de l'incendi i esquema de les zones d'estudi.

podia observar la presència de cendres molt negres, que encara perduraven dos anys i mig després de l'incendi en molts llocs d'aquesta zona de baixa intensitat.

Zona 2 o de mitjana intensitat de foc: Els arbres no conservaven cap fulla, però tenien un nombre important de branques. No hi havia molta fullaraca al sòl. Aquesta zona se situa al voltant de la zona de baixa intensitat i al capdamunt del vessant. Les cendres de color negre encara es conservaven 30 mesos després de l'incendi en alguns llocs de la zona.

Zona 3 o d'alta intensitat de foc: Els arbres havien perdut totes les fulles i branques, només conservaven el tronc. L'*Arbutus unedo* havia desaparegut, cosa que no passava a les altres zones, i la superfície del sòl estava totalment desprotegida. La superfície del sòl tot just després de l'incendi estava coberta per cendra de color gris i blanc que va desaparèixer ràpidament després de les primeres pluges.

Per a l'anàlisi de la porositat, es van extreure mostres amb anella per tal de no trencar l'estructura del sòl. El mètode utilitzat per saber la porositat va ser el mètode gravimètric. Després d'evaporar tota l'aigua de la mostra, aquesta va ser pesada i el seu volum, determinat. Es va considerar que la densitat real de les partícules era de 2,65 g/cm³. El resultat de la densitat de la mostra ve expressat en g/cm³, la porositat en percentatge de porus de la mostra. Per a l'anàlisi de la humitat es va fer servir el mètode gravimètric. Les mostres van ser pesades humides, i després d'estar a 105°C, durant 24 hores a l'estufa, van ser pesades una altra vegada. El resultat és expressat com el percentatge d'humitat que hi havia a la mostra en relació amb el pes de tota la mostra. La capacitat d'infiltració es va determinar mitjançant infiltrometries d'anella simple. Després de clavar cinc centímetres dins el sòl un cilindre, amb molta cura per trencar tan poc com sigui possible l'estructura del sòl, es comptabilitza el temps que triga aquest a infiltrar una quantitat d'aigua constant, en aquest cas 150 ml; l'experiment es repeteix durant tota una hora. Els resultats són expressats com a taxa d'infiltració, és a dir, mil·límetres de columna d'aigua que és infiltrada en una hora.

RESULTATS

Densitat i porositat

Les mostres van ser agafades tres cops a les tres intensitats de foc i dues vegades al bosc; també es va agafar el dia després de l'incendi una mostra per saber la densitat i la porositat de la cendra. Els resultats de la densitat i porositat del sòl a Llagostera estan representats en la figura 2.

S'observa clarament que la porositat disminueix bastant després de l'incendi a les zones de major intensitat de foc. En un primer moment, cal destacar com a la zona d'intensitat baixa la porositat és molt semblant a la de la parcel·la bosc, d'un 73 %, mentre que a les altres zones no arriba al 70 %.

Després de nou mesos, la porositat ha disminuït en aquests primers cinc centímetres a totes les tres zones: Un 7,19 % a la zona d'intensitat baixa, 7,28 % a la zona d'intensitat mitjana i 1,28 % a la zona d'intensitat alta. En un primer moment, la porositat no era tan baixa perquè encara hi havia sobre el sòl restes de matèria orgànica i cendres, però nou mesos més tard aquestes restes han desaparegut, sobre-

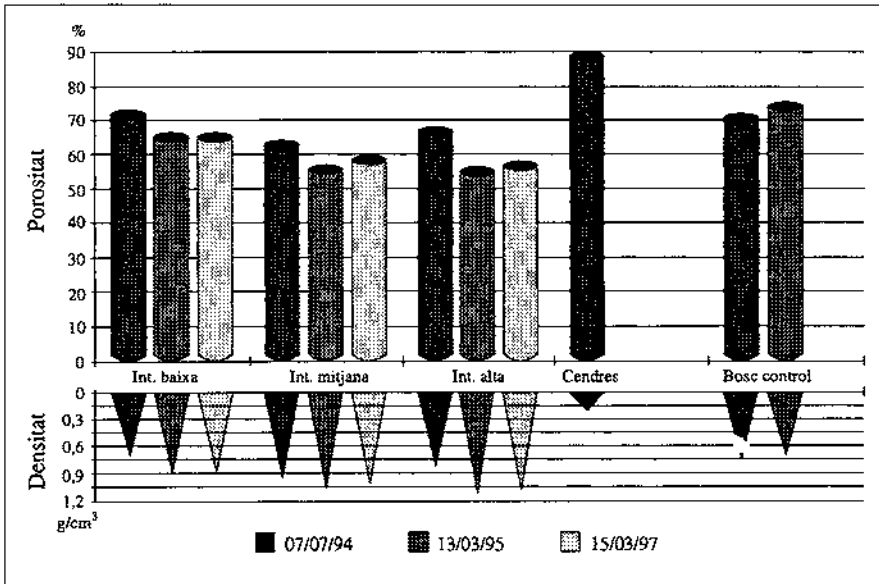


Figura 2. Densitats i porositats del sòl en cada una de les zones i en cada moment.

tot a la zona d'intensitat alta, i han deixat al descobert els centímetres més profunds que solen ser també més densos i menys porosos. A la zona d'intensitat baixa, aquest fet no és tan acusat, i fins i tot trenta-tres mesos després de l'incendi, hi ha a la superfície restes de matèria orgànica calcinada. De fet, la porositat després de dos anys continua sent la mateixa a la zona d'intensitat baixa i augmenta lleugerament a la zona d'intensitat mitjana i alta, però sense arribar mai als valors de la zona baixa o del bosc.

Humitat del sòl

Les anàlisis de contingut d'humitat als primers centímetres del sòl van ser realitzades deu cops durant el període d'estudi a Llagostera, dos dels quals coincideixen amb les infiltrometries, el març del 1995 i el març del 1997.

A la figura 3 hi són reflectits els percentatges d'humitat a cada zona en diferents èpoques de l'any.

S'observa en primer lloc que totes les zones tenen la mateixa tendència. La zona d'intensitat baixa és la que compta més vegades amb la major quantitat d'humitat. De les deu vegades que es van fer les anàlisis, en vuit la zona de baixa intensitat de foc registrava les dades més elevades. La zona d'intensitat alta és la que té registres més baixos de quantitat d'aigua en els primers centímetres. També és la zona més assolada i amb menys protecció de fullaraca.

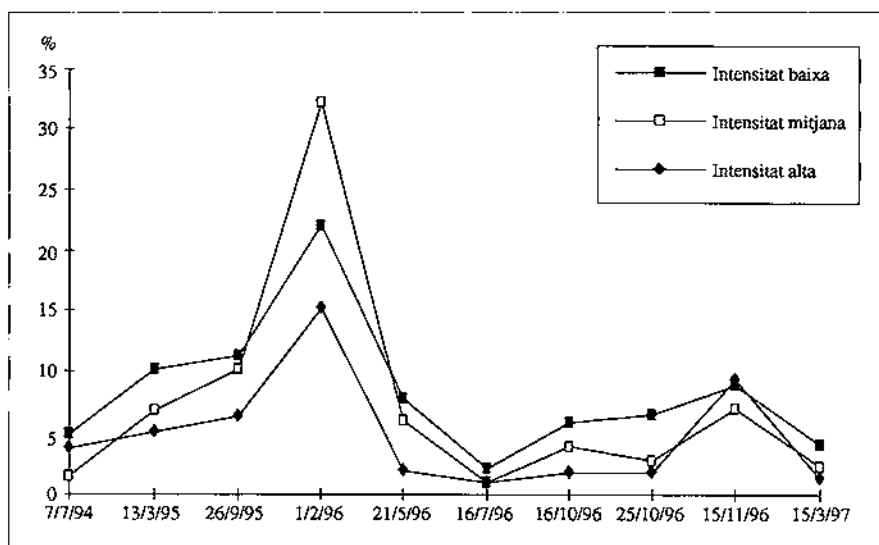


Figura 3. Humitats del sòl a les diferents intensitats i èpoques de l'any.

Una altra cosa observable és que la major quantitat d'humitat es dona a l'hivern i a la tardor, i és l'estiu l'estació amb menys humitat al sòl.

En tres ocasions, just després de l'incendi i quan es van fer les infiltrometries, també es van agafar mostres al bosc control per saber la humitat en aquesta zona. Després de l'incendi la humitat al bosc control era de 7,11 %, mentre que a les zones cremades els valors no passaven de 4,81 % enregistrat a la zona d'intensitat baixa. El març de 1995, la humitat al bosc era del 12,18 %, més elevada que a la zona d'intensitat baixa, que era del 10,21 %, i per suposat més elevada que a les altres zones. El març de 1997, en canvi, la humitat al bosc control era només del 1,55 % mentre que a la zona d'intensitat baixa arribava al 3,98 %. Malgrat aquestes dades, els valors són molt baixos a totes les zones en aquest últim registre perquè feia tres mesos que no plovia.

Capacitat d'infiltració

Aquesta propietat depèn d'altres propietats físiques del sòl amb les quals està estretament relacionada. Segons els resultats, està molt directament relacionada amb la porositat del sòl (figura 6). Però hi ha efectes de l'incendi que actuen de forma negativa en la capacitat d'infiltrar aigua en el sòl, com és la hidrofobicitat de les cendres i de la matèria orgànica semicalcinada.

Les infiltrometries es van realitzar a Llagostera en les tres zones d'intensitat de foc dues vegades i controlant, com en el cas de la porositat, els cinc primers centímetres del sòl. La primera vegada es van fer el març de 1995, nou mesos després de l'incen-

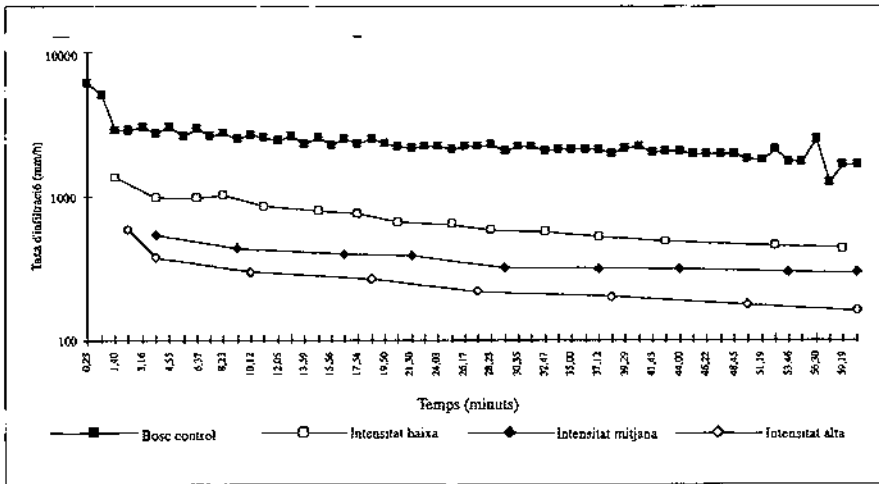


Figura 4. Comparació de les taxes d'infiltració a Llagostera el març de 1995 a les quatre zones.

di, i un altre cop trenta-tres mesos després de l'incendi, el març de 1997. Per arribar a tenir resultats de la capacitat d'infiltració, és necessari fer suficients infiltrometries en un període curt de temps, i en espais reduïts per controlar quina és realment la capacitat d'infiltració d'un lloc concret. Són recomanables les campanyes de mostreig. Al bosc control només es van realitzar infiltrometries un cop, el març de 1995.

El resultat de totes les infiltrometries està representat amb una corba mitjana i model de totes les realitzades en cada una de les zones i per a cada moment. La corba és real, ja que s'ha agafat com la més semblant a la mitjana de totes les d'una mateixa zona. Aquesta corba mitjana està basada en la mitjana de la taxa d'infiltració inicial, la taxa d'infiltració final i la mitjana del nombre de cops que el sòl va infiltrar 150 ml d'aigua. Els resultats són a les figures 4 i 5.

Els resultats del març de 1995 (figura 4) mostren clarament com la infiltració és molt superior al bosc control. Totes les infiltrometries mostren taxes d'infiltració superiors a les zones cremades. Encara tenint la mateixa porositat, a la zona d'intensitat baixa la capacitat d'infiltració és molt més baixa, i és 4,5 vegades inferior la taxa d'infiltració inicial. A les zones d'intensitat mitjana i alta, les taxes d'infiltració inicial són molt semblants: a la zona d'intensitat mitjana és 11,6 vegades inferior que a la parcel·la bosc i 2,54 vegades inferior que a la zona d'intensitat baixa. Quel·com semblant passa a la zona d'intensitat alta.

Si mirem els resultats del març de 1997 (figura 5) s'observa com les taxes d'infiltració són molt semblants en una zona i en l'altra. Vint-i-quatre mesos des-

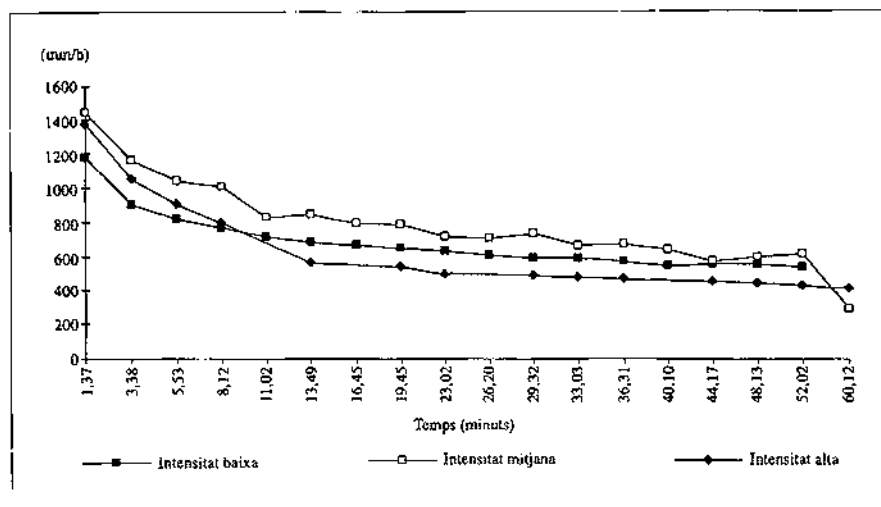


Figura 5. Comparació de les taxes d'infiltració el març de 1997 a les tres zones cremades.

prés de la realització de les primeres infiltrometries, es pot comprovar com a la zona d'intensitat baixa, gairebé no ha canviat la capacitat d'infiltració i és només 1,13 vegades inferior la taxa d'infiltració inicial. No es pot atribuir a cap fet remarkable aquest valor, ja que és considerat poc significatiu. Si que és, però, molt significativa la recuperació de la capacitat d'infiltració a les altres dues zones: a la zona d'intensitat mitjana és 2,76 vegades superior la taxa d'infiltració inicial que no pas vint-i-quatre mesos abans; s'obtenen valors semblants a la zona d'intensitat baixa, fins i tot superiors, i a la zona d'intensitat alta és 2,39 vegades superior la taxa d'infiltració inicial que dos anys abans.

No s'arriba en cap cas a tenir valors semblants a la zona control de bosc, però això és lògic si tenim en compte que a cap de les zones hi ha en superfície la quantitat de matèria orgànica que hi ha al bosc i tampoc la mateixa porositat, a més de tenir encara efectes de la hidrofobicitat causada per la temperatura i les cendres.

Relació de la capacitat d'infiltració amb altres propietats del sòl. Porositat i humitat:

Dos dels paràmetres que poden influir que un sòl infiltri més o menys aigua és la porositat que tingui aquest i la humitat del sòl en el moment concret. Cada cop que es feia una infiltrometria, s'agafava, just al costat, una mostra per fer les anàlisis de porositat i contingut d'humitat del sòl abans de fer la prova d'infiltració.

La correlació dels resultats de tots tres paràmetres està representada en les figures següents. La capacitat d'infiltració està representada amb la de la taxa d'infiltració inicial.

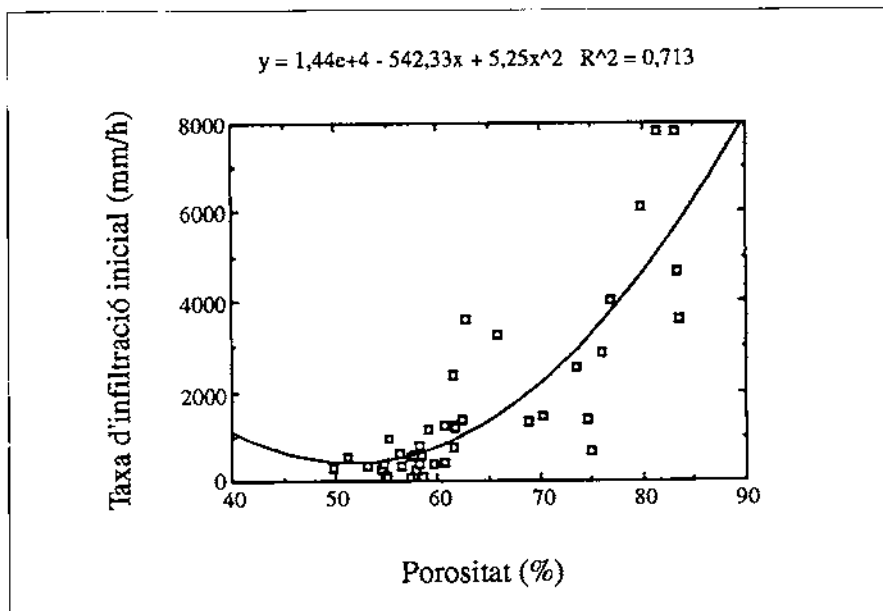


Figura 6. Relació de la porositat i la taxa d'infiltració inicial segons les dades de totes les infiltrometries realitzades.

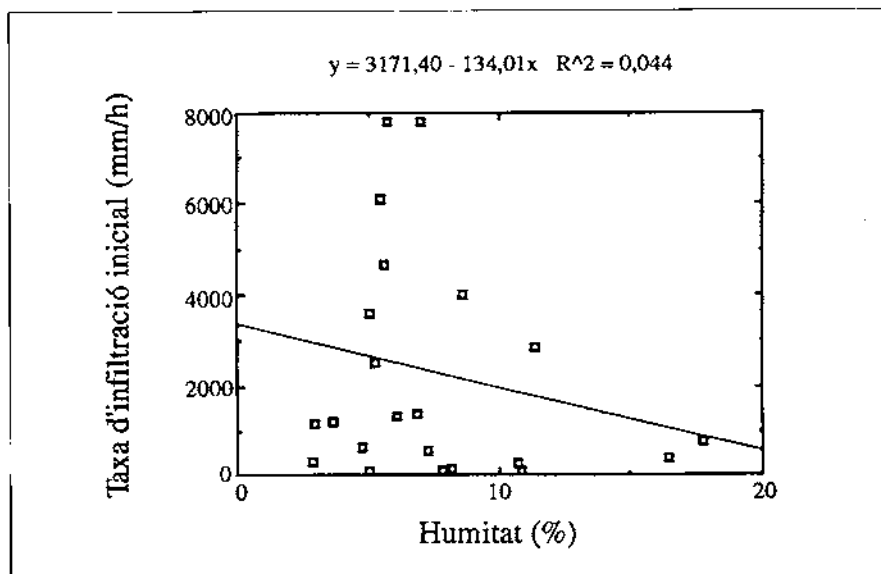


Figura 7. Relació del contingut d'humitat i la taxa d'infiltració inicial.

La primera de les figures (6) reflecteix clarament una relació entre la porositat i la taxa d'infiltració inicial. Sobretot, es veu un núvol de punts molt junts fins a 63 % aproximadament de porositat, amb taxes que no superen en cap cas els 1.800 mm/h. A partir d'aquesta porositat els punts estan més dispersos, fet que és normal si pensem que corresponen a les mostres del bosc i de la zona d'intensitat baixa, que a semblants valors de porositat tenen taxes d'infiltració ben diferents.

La figura 7 no mostra cap tipus de relació entre la humitat en el moment de fer la infiltrometria i la taxa d'infiltració inicial. No sempre el sòl més sec és el que infiltra més aigua. De vegades, els sòls molt secs i amb temperatures elevades, sobretot a l'estiu, tenen un component hidrofòbic.

CONCLUSIONS

Les anàlisis d'humitat efectuades a l'incendi de Llagostera no mostren una variació molt important entre les mostres extretes a les parcel·les control i en el mateix bosc cremat. Les característiques del sòl no només són diferents entre la parcel·la control i el bosc cremat perquè s'ha cremat, sinó perquè la infiltrometria a l'àrea cremada es realitza sobre un horitzó que en el bosc es pot trobar 2, 3, 4 i fins 5 centímetres sota la superfície, i a més profunditat, potser, com més temps hagi passat, a causa de l'erosió contínua d'aquest sòl.

Amb això, el que es vol deixar clar és que no només hi ha un canvi de capacitat d'infiltració per les conseqüències del foc i la temperatura, sinó també per les mateixes característiques de la superfície on es realitza l'experiment. Com que el nostre objectiu final és arribar a saber si hi ha més o menys infiltració, sigui per les raons que sigui, el mètode ens és suficientment útil.

L'humus, que en principi és un amortidor de l'impacte de gotes de pluja i afavoridor de retenció d'aigua, quan es crema pot arribar a tenir un efecte contrari. Les substàncies que provoquen la repel·lència a l'aigua són hidrocarburs que es troben en la matèria orgànica i que podien assemblar-se a un tipus de cera. Un petita part de l'humus cremat és assimilada en profunditat en forma de gas, que un cop condensat s'adhereix a les parets dels porus formant una pel·lícula repel·lent a l'aigua.

Resumint podríem dir que un incendi afecta al sòl afavorint l'escolament en la mesura que: a) influeix en el fet que retengui menys aigua, b) tingui una capacitat menor d'infiltració, i c) es torni hidrofòbic, sobretot en superfície a causa de les cendres, matèria orgànica semicremada i encrostant.

AGRAÏMENTS

Aquest treball ha estat realitzat gràcies al finançament per part de la CE del projecte EVSV-CT91-0043, "Desertification Risk Assessment and Land Use Planning in a Mediterranean Coastal Area".

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE, B i REY, C. 1980. Escorrentia y perdida de suelo en asociaciones vegetales sujetas a quemas controladas. *Rev. Chapingo*, 23-24:18-24.
- ANDERSON, H. W. 1976. Fire effects on water supply, floods and sedimentation. *Proceedings, Tall Timbers, Fire Ecology Conference*, 15: 249-260.
- AREND, J. L. 1941. Infiltration rates of forest soils in the Missouri ozarks as affected by woods burning and litter removal. *J., For*, 39: 726-728.
- BEADLE, N. C. W. 1940. Soil temperatures during forest fires and their effect on the survival of vegetation. *J. Ecol* 28:180-192.
- BEATON, 3. D. 1959. The influence of burning on the soil in the timber range area of Lac Le Jeune, British Columbia. Physical properties. *Can. J. Soil Sci.*, 39 (1): 1-5.
- BLAISDELL, J. P. 1953. Ecological effects of planned burning of sagebrush range on the Upper Snake River plains. *USDA, Tech. Bull.* 1075. 39 p.
- BOELHOUWERS, J. C., GRAAF, P. J. i SAMSODIEN, M. A. 1996. The influence of wildfire on soil properties and hydrological response at Devil's Peak, Cape Town, South Africa. *Z. Geomorph. N. F. Suppl-Bd* 107. Berlin, 1-10.
- BRENDEN, J. J. 1967. Effect of fire-retardant and other inorganic salts on pyrolysis products of Ponderosa Pine. *US Forest Service Res. Paper FPL*, 80. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.
- CALVO, A. i CERDÀ, A. 1994. An example of the changes in the hydrological and erosional response of soil after a forest fire, Pedralba (Valencia), Spain. A: Sala, M. i Rubio, 3. L., Eds. *Soil Erosion as a consequence of forest fires*. Geoforma Ediciones. Logroño, 99-110.
- CAMPBELL, R. E., BAKER, Jr., FOLLIOT, P. F., LARSON, F. R. i AVERY, C. C. 1977. Wildfire effects on a ponderosa pine ecosystem: an Arizona case study. *USDA For. Serv. Res. Pap.* RM, 191. 12 p.
- DEBANO, L. F. 1966. Formation of non-wettable soils, involves heat transfer mechanism. *USDA For. Serv. Res. Note* PSW-132. 8 p.
- DEBANO, L. F., OSBORN, J. F., KRAMMÉS, J.S. i LETEY, J. 1967. Soil wettability and wetting agents. Our current knowledge of the problem. *USDA For. Serv. Res. Pap.* PSW-43. 13 p.
- DEBANO, L. F. i RICE, R. M. 1971. Fire in vegetation management its effect on soil. *A interdisciplinary aspects of watershed management Symposium Proceedings*. Bozeman, Mont Aug. 3:327-346.
- DEBANO, L. F. 1974. Chaparral soils. Symposium on living with the Chaparral. *Proceedings, University of California*: 19-26.
- DIAZ-FIERROS et al. 1990. Solute loss and soil erosion in burnt soil from Galicia (NW Spain). *Fire in Ecosystem Dynamics*. Goldammer and Jenkins, eds. SPb Academic Publishing, 103-116.
- DYRNESS, C. T., YOUNBERG, C. T. i RUTH, R. H. 1957. Some effects of logging and slash burning on physical soil properties in the Corvallis watershed. *USDA. For Serv. Res. Pap.* PNW-19. 15 p.
- DYRNESS, C. T. 1976. Effect of wildlife on soil wettability in the high Cascades of Oregon. *USDA. For Sen'. Res. Pap.* PNW-202. 18 p.

- FERREIRO, A. J. D. 1990. Fire effect on soil water dynamics. *Inc Conf Forest Fire Research*. Coimbra.
- GARREN, K. H. 1943. Effects of fire on vegetation of the southeastern United States. *Bot. Rev.*, 9:617-654.
- GIOVANNINI, G. 1994. The effect of fire on soil quality. A: Sala, M. i Rubio, J. L., Eds. *Soil Erosion as a consequence of forest fires*. Geofoma Ediciones. Logroño. 15-27.
- GREENE, R. S. B., CHARTRES, C. J. i HODGKINSON, K. C. 1990. The effects of fire on the soil in a degraded semi arid land. Cryptogram cover and physical and micromorphological properties. *Austr. J Soil Res.*, 28:755-775.
- HERVEY, D. F. 1949. Reaction of a California annual plant community to fire. *J. Range Manage.*, 2:116-121.
- HEYWARD, F. 1937. The effect of frequent fires on profile development of longleaf pine forest soils. *J. For.*, 35. 23-27.
- KITTREDGE, J. 1938. Comparative infiltration in the forest and open. *J. For.*, 36:1156-1157.
- KOLHEMAINEN, V. A. 1951. *Kullojatan opas*. Keskiismetsäscura Tapio. Helsinki. 47 p.
- LARSON, J. R. i DUNCAND, A. 1978. Annual grassland responses to wildfire and airdropped fire retardant. *Society for Range Manage.* 31st Annual Meeting. 20p.
- MALLIK, A. U., GIRNINGHAM, C. H. i RAHMAN, A. A. 1984. Ecological effects of heather burning. Water infiltration, moisture retention and porosity surface soil. *J. of Ecology.*, 72: 767-776.
- MARTINEZ, J. i DIAZ, E. 1994. Changes of the physical and chemical properties in a soil affected by forest fire in Sierra Larga, (Murcia, Spain). A: Sala, M. i Rubio, J. L., Eds. *Soil Erosion as a consequence of forest fires*. Geofoma Ediciones. Logroño. 67-77.
- MC NABB, D. i SWANSON, F. J. 1990. Effects of fire on soil erosion. A Walstad, 3. D. Radosevich, S. i Sandberg, D., eds. *Natural and prescribed fire in Pacific Northwest Forests*. Oregon State University Press. Corvallis, Ore. 159-176.
- PRADAS, M., IMESON, A. i VAN MULLIGEN, E. 1994. The infiltration and runoff characteristics of burnt soils in NE-Catalonia and the implications for erosion. A: Sala, M. i Rubio, J. L., Eds. *Soil Erosion as a consequence of forest fires*. Geofoma Ediciones. Logroño. 229-240.
- PRIETO, F. 1990. *Incendios forestales. Ideas para una interpretación. Libro rojo de los bosques españoles*. Adena-wwf. 211-236.
- RENGASAMY, P., GREENE, R. S. B. i FORD, G. W. 1984. The role of clay fraction in the particle arrangement and stability of soil aggregates. A review. *Clay research*, 3: 53-67.
- SALA, M. i BATALLA, R. 1996. *Teoría y métodos en Geografía Física*. Editorial Síntesis. Col. Espacios y sociedades. Nº 1. 303 p.
- SALIH, M. S., TAHA, F. K. i PAYNE, G. F. 1973. Water repellency of soils under burned sagebrush. *J. Range Manage.*, 26:330-331.
- SAVAGE, S. M., OSBORN, J., LETEY, J. i HEATON, C. 1972. Substance concentrations to fire induced water repellency in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36:674-678.

- SAVAGE, S. M. 1974. Mechanism of fire-induced water repellency in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38:652-657.
- SCHOLL, D. G. 1975. Soil wettability and fire in Arizona chaparral. *Soil Sci. Soc. Ann. Proc.*, 39:356-361.
- SCOTTER, G. W. 1964. Effects of forest fires on the winter range of barren-ground caribou in northern Saskatchewan. *Can. Wildl. Manage. Bult. Series I. N° 18.* 111 p.
- SEVINK, J., IMESON, A. C. i VERSTRATEN, J. M. 1989. Humus form development and hillslope runoff, and the effects of fire and management, under mediterranean forest in NE-Spain. *Catena*, Vol.16: 461-475.
- SOLER, M., SALA, M. i GALLART, F. 1994. Post fire evolution of runoff and erosion during an eighteen month period. A: Sala, M. i Rubio, J. L., Ms. *Soil Erosion as a consequence of forest fires*. Geoforma Ediciones. Logroño. 149-161.
- SUMAN, R. F. i HALLS, L. K. 1955. Burning and grazing affect physical properties of Coastal Plain forest soils. *USDA. For. Serv. Res. Note SE-75.* 2 p.
- SWANSTON, D. N. i SWANSON, F. 3.1976. Timber harvesting, mass erosion, and steep-land forest geomorphology in the Pacific Northwest A: *Geomorphology and engineering*. 199-221.
- VOGL, R. J. i RYDER, C. 1969. Effects of slash burning on conifer reproduction in Montana's Mission Range. *Northwest Sci.*, 43:135-147.
- WALHENBERG, W. G. 1935. Effects of grazing on soil properties and the natural reproduction of longleaf pine. *J. For.*, 33:331-338.
- WELLS, C. G. 1981. Some effects of brushfires on erosion processes in Coastal Southern California. A: *Erosion and sediment transport in Pacific Rim Steep-land*. I.A.H.S. Publ. N° 132. Christchurch.
- ZIEMER, R. R. i SWANSTON, D. N. 1977. Root strength changes after logging in south-east Alaska. *USDA. For. Serv., Res. Note PNW-306.* 10 p.