

Foc, pluges i resposta hidrològica del sòl a les muntanyes d'Alacant¹

Joan Llovet López

*Fundación de la Comunidad Valenciana
Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo
Unidad Mixta CEAM-Universitat d'Alacant
juan.llovet@ua.es*

V. Ramon Vallejo Calzada

*Departament de Biologia Vegetal Universitat de Barcelona
vvallejo@ub.edu*

Resum

El foc afecta el sòl mitjançant l'increment de la temperatura i la deposició de cendres, però també per la pèrdua de vegetació i horitzons orgànics, modificant la incidència de la pluja sobre la superfície. El risc de degradació postincendi està controlat, entre altres factors, pel clima, la vegetació prèvia i el tipus de sòl. Les localitats d'estudi es situaren en zones de transició entre climes semiàrid i subhúmit. Se seguí la dinàmica temporal de l'escolament superficial i de la producció de sediments mitjançant simulació de pluja. En ambient semiàrid, la capacitat d'infiltració no es modificà tot just després de l'incendi. Tant en ambient semiàrid com subhúmit, s'observà una pèrdua de la capacitat d'infiltració comparant els períodes previ i posterior a l'acció de la pluja sobre el sòl cremat. La resposta de la vegetació va ser un factor fonamental en el control de la degradació del sòl posterior al foc.

Paraules clau: capacitat d'infiltració, dinàmica temporal, curt termini, incendi forestal, resposta de la vegetació.

1. Aquesta investigació ha estat finançada pel Programa CONSOLIDER-INGENIO 2010 (Projecte GRACCIE, CSD2007-00067). La Fundació Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) rep l'ajut de la Generalitat Valenciana i de la Fundació Bancaixa. Els suggeriments d'un revisor anònim han estat molt útils per a millorar aquest treball.

Resumen: *Fuego, lluvias y respuesta hidrológica del suelo en las montañas alicantinas*

El fuego afecta al suelo a través del incremento de la temperatura y la deposición de cenizas, pero también por la pérdida de vegetación y horizontes orgánicos, modificándose la incidencia de la lluvia sobre la superficie. El riesgo de degradación post-incendio está controlado, entre otros factores, por el clima, la vegetación previa y el tipo de suelo. Las localidades de estudio se situaron en zonas de transición entre climas semiárido y subhúmedo. Se estudió la dinámica temporal de las producciones de escorrentía y sedimentos mediante simulaciones de lluvia. En ambiente semiárido, la capacidad de infiltración no se vio modificada directamente por el fuego. Se observó una pérdida general de capacidad de infiltración comparando los periodos previo y posterior a la acción de las lluvias sobre el suelo quemado. La respuesta de la vegetación fue un factor fundamental en el control de la degradación del suelo posterior al fuego.

Palabras clave: capacidad de infiltración, dinámica temporal, corto plazo, incendio forestal, respuesta de la vegetación.

Abstract: *Forest fires, rainstorms and soil hydrological response in the Alicante rangelands (SE Iberian Peninsula)*

Forest fires directly affect the soil surface through the increment of temperature and the deposition of ashes. Fires also result in the reduction or elimination of aboveground biomass and organic layers, thereby modifying the impact of raindrops on the soil surface. The post-fire degradation risk is controlled by diverse factors, e.g. climate, pre-fire vegetation and soil characteristics. Study sites were located in transitional areas between semiarid and subhumid climates. We assessed the temporal dynamics of runoff and sediment yield using a rainfall simulator. Under semiarid climate, the infiltration capacity was not directly modified by the fire. Both under semiarid and under subhumid climates, an increase in runoff and sediment production was observed by comparing the post-fire results obtained prior to and after than the rainy season. Plant response was one of the main factors controlling the post-fire soil degradation risk.

Keywords: infiltration capacity, temporal dynamics, short term, forest fires, plant response.

* * *

Introducció

La Convenció de les Nacions Unides de Lluita contra la Desertificació considera la següent definició del terme desertificació: la degradació de terres de zones àrides, semiàrides i subhúmedes, resultant de diversos factors, com poden ser les variacions climàtiques i les accions humanes (UNCCD, 1994). Els ecosistemes de l'Europa Mediterrània presenten trets que els fan, almenys potencialment, proclius a patir aquest tipus de processos. Per aquest motiu, la Convenció esmentada fa una menció explícita a la Mediterrània del Nord, a

la qual dedica l'annex IV. Hi influeixen diferents causes, algunes d'origen natural i d'altres degudes a la intervenció humana, i la seva interacció dona lloc a un ampli ventall de possibilitats. El foc és un dels factors que pot promoure la desertificació.

El règim hidrològic de la Mediterrània es caracteritza per la seva irregularitat i la reiteració aleatòria de períodes de sequera i tempestes agressives que, junt amb un relleu sovint accidentat, fa de la pluja un agent destacat de l'erosió i la degradació de sòls (López-Bermúdez i Albaladejo, 1990). El substrat litològic afecta el relleu (Calvo, 1987; Strahler i Strahler, 1989), els sòls (Vallejo *et al.*, 1998) i, mitjançant aquests, la vegetació (Kosmas *et al.*, 2000). Així mateix, influeix en les característiques del sòl lligades a la seva erosionabilitat (López-Bermúdez i Albaladejo, 1990; Sanroque *et al.*, 1990; Cerdà, 1999). Els sòls forestals de les muntanyes d'Alacant sovint presenten un règim hídric xèric o arídic, són poc desenvolupats i les seves característiques estan molt relacionades amb el substrat geològic. A més, els sòls actuals són hereus del seu ús anterior, especialment si va ser agrícola (Vallejo *et al.*, 1998). Aquesta herència influeix en la matèria orgànica, la fertilitat i el cicle de nutrients, l'estructura, l'activitat biològica, la vegetació i els seus propòguls, fins i tot en el règim hidrològic dels vessants, com és el cas de les antigues terrasses, tant freqüents en temps d'agricultura de subsistència, per cert no tant llunyà (Rodríguez-Aizpeolea i Lasanta, 1992; Padilla, 1998).

La conca mediterrània ha tingut impactes humans mil·lenaris (Naveh, 1990; Grove, 1996), però al llarg de les últimes dècades s'ha produït una intensa concentració de l'economia i la població (Puigdefàbregas i Mendizábal, 1998). Aquest fenomen, junt amb els canvis tecnològics dins l'agricultura, a més de les polítiques agràries de la Unió Europea, ha donat lloc a l'abandonament d'àmplies àrees marginals, una gran disminució de la pressió humana sobre els ecosistemes forestals i un increment de la pròpia superfície forestal (Alloza, 2003). L'abandonament d'activitats agrícoles, ramaderes i d'explotació del bosc està lligat a l'increment de la coberta i biomassa vegetal, l'acumulació de combustible, la proliferació d'espècies pioneres i l'homogeneïtzació del paisatge (Fernández-Alés *et al.*, 1992; Puigdefàbregas i Mendizábal, 1998; Vallejo *et al.*, 2005). Diferents estudis relacionen aquests canvis amb increments en la quantitat, extensió i virulència dels incendis forestals (Trabaud, 1991; Moreno *et al.*, 1998; Baeza, 2001; Vélez, 2004), amb una variació interanual lligada a la magnitud de la sequera estival (Pausas, 2004). Així mateix, la reiteració de grans incendis forestals suposa la potenciació d'espècies de cicle curt i alta inflamabilitat, que poden contribuir a l'augment del risc de nous incendis (Vallejo, 1996; Pérez *et al.*, 2003).

El foc és un agent que pot posar en marxa o potenciar processos del sòl. Afecta directament les propietats físiques, químiques i biològiques, alterant l'erosionabilitat mitjançant canvis en l'estructura, la matèria orgànica i la infiltració, entre altres factors. Hi ha bones revisions del tema, com ara les de Molina i Sanroque (1996), Giovannini i Lucchesi (1997), Neary *et al.* (1999), Certini (2005) i Shakesby i Doerr (2006).

A més a més, el foc produeix un canvi sobtat de la coberta del sòl (Neary *et al.*, 1999), tant la deguda a la vegetació com als horitzons orgànics. El sòl de cop es troba, almenys temporalment, més exposat als agents externs, especialment a la pluja dins la nostra regió de treball. La resposta del sòl després del foc dependrà, a més dels canvis immediats a causa del propi incendi, de com respondrà el conjunt del sistema a les pluges posteriors al foc i de la seva capacitat per tornar a protegir la superfície del sòl dels agents externs. En aquest treball s'exposen alguns avenços sobre la resposta del sòl al foc portats a terme a les muntanyes d'Alacant.

Resposta al foc en ambient semiàrid

El cap de la Nau representa una divisòria climàtica molt important, marcant una ràpida transició cap a la regió àrida del sud-est peninsular (Gil-Olcina, 1994). Així, a les comarques de la Marina, en menys de 50 km es passa de localitats amb precipitacions mitjanes anuals superiors als 900 mm a indrets amb valors inferiors als 350 mm. En aquests ambients semiàrids la vegetació potencial són sovint màquies i brolles. A l'actualitat la vegetació està dominada per brolles, timonedes i espartars d'*Stipa tenacissima*. Les condicions ambientals no afavoreixen el creixement d'espècies arbòries, excepte en localitats especialment favorables. Malgrat tot, hi ha algunes pinedes de *Pinus halepensis*, sovint producte de plantacions i de vegades colonitzant conreus abandonats. Malgrat que aquestes comunitats vegetals acostumen a presentar poca acumulació de combustible, essent relativament baix el perill d'incendis forestals, també s'hi poden produir, com és el cas que tot just explicarem.

Sota condicions semiàrides, on la recuperació de la vegetació acostuma a ser lenta, les pluges posteriors al foc poden ser crítiques, en incidir sobre un sòl no protegit i sovint poc estable. Per aquest motiu, vàrem fer un experiment amb l'objectiu d'analitzar els canvis en els processos de generació d'escolament i arrossegament de sediments provocats per les pluges posteriors al foc.

La zona d'estudi pertany al terme municipal de Benidorm, comarca de la Marina Baixa. Està situada al sud-est de la serra Cortina, entre el Murtal i el Moralet. L'altitud oscil·la entre els 100 i els 200 m. La zona s'inclou dins el Prebètic, caracteritzat morfològicament per l'alternança de llargues crestes i depressions paral·leles. Aquest cas, es troba al sinclinal 'la Marina', disposat en direcció SO-NE (IGME, 1958). El relleu és en general suau, creuat per barrancs que donen lloc a lloms allargades on predominen les orientacions E-NE i S-SO. La litologia dominant és eocènica, composta per margues gris-groguenques amb intercalacions de calcària margosa, freqüentment coberta per dipòsits quaternaris. Els sòls són del tipus *Lithic camborthid* (USDA, 2003), *Calcaric cambisol* (FAO, 2001). El clima correspon al semiàrid, amb unes mitjanes anuals de 19,6°C de temperatura, 293 mm de precipitació i 1026 mm d'evapotranspiració potencial (Elías Castillo i Ruiz Beltrán, 1977). Els màxims pluvi-

omètrics es donen a la tardor, sovint després d'una llarga sequera estival. La vegetació potencial correspon a la sèrie *Chamaeropo-Rhamnetum lycioidis*, dins el sector alacantí de la província corològica *Murciana-almeriense* (Rivas-Martínez, 1987). La vegetació prèvia a l'incendi estava formada per una brolla calcícola amb *Sideritis angustifolia*, *Globularia alypum*, *Fumana laevis*, *Helianthemum lavandulifolium*, *Atractylis humilis*, *Thymus vulgaris* y *Ephedra fragilis*. L'estrat herbaci estava dominat per *Brachypodium retusum* i l'arbori per alguns peus de *Ceratonia siliqua* i exemplars aïllats o en taques de *Pinus halepensis*.

Just després de l'incendi, es van instal·lar 10 parcel·les (0,24 m² cadascuna) per avaluar la capacitat d'infiltració del sòl, per relacionar-la amb les pluges posteriors i la resposta de la vegetació. Les parcel·les es van repartir per igual entre zones afectades i no afectades pel foc. Per a les mesures es va utilitzar un simulador de pluja basat en el descrit per Calvo *et al.* (1988) i Cerdà *et al.* (1997). Es tracta, bàsicament, d'un sistema manual de bombeig d'aigua cap un broquet subjecte a una estructura metàl·lica. Tant la pressió com la intensitat de la pluja es calibren prèviament al laboratori. Un cop al camp, la pluja simulada s'aplica sobre parcel·les tancades amb una eixida per l'aigua que s'escola superficialment, que es recull regularment durant la simulació de pluja. En el cas de les parcel·les en zona cremada es van fer dues sèries de simulacions de pluja: la primera, un mes després del foc, i la segona cinc mesos més tard, després de l'acció de les pluges de la tardor.

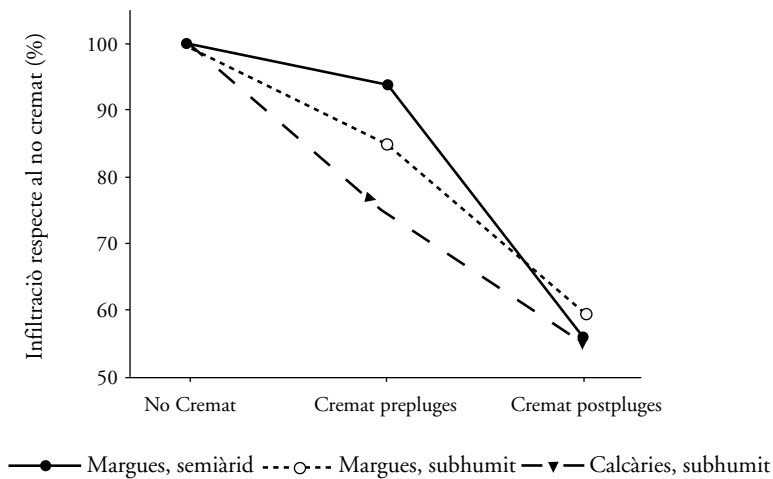
Els resultats no mostren diferències entre la capacitat d'infiltració de les parcel·les en zona no cremada (48 ± 6 mm h⁻¹, mitjana i desviació estàndard, respectivament), respecte a les instal·lades dins l'àmbit cremat, poques setmanes després del foc (45 ± 11 mm h⁻¹, ídem) (figura 1). Aquestes capacitats d'infiltració es poden considerar altes, semblants a les obtingudes per Cerdà (1995) en zones semiàrides de Petrer i el Montnegre, per la vall del Vinalopó i l'Alacantí, sota cobertes vegetals superiors al 80%.

Contràriament, es trobaren diferències comparant la resposta hidrològica del sòl cremat poc després del foc (abans de les pluges de tardor) i cinc mesos més tard (després de les pluges) (figura 1). La capacitat d'infiltració va disminuir significativament, passant dels 45 ± 11 mm h⁻¹ previs, a 27 ± 12 mm h⁻¹ després de les pluges (mitjanes i desviacions estàndard, respectivament). La capacitat d'infiltració postpluja recorda els resultats obtinguts per altres autors en ambient semiàrid amb escassa cobertura vegetal (Cerdà, 1995; Martínez-Mena, 1995).

Aquests resultats ens indicarien que el foc no va afectar directament les característiques del sòl relacionades amb la seva capacitat d'infiltració, que es mantindria alta just després de la pertorbació. La pèrdua posterior de capacitat d'infiltració i l'increment en l'escolament superficial, es podrien explicar per l'impacte de la pluja sobre una superfície que ha perdut la coberta de vegetació i fullaraca a causa del foc, que actuaria com a agent indirecte. De fet, al llarg de la tardor va haver tempestes amb intensitat superior als 45 mm h⁻¹ en 10 minuts, o amb una precipitació total de més de 30 mm. L'impacte directe de les gotes de pluja provoca: trencament dels agregats del sòl, transport per es-

quixada (*splash*), segellament i obstrucció dels porus per les cendres (Inbar *et al.*, 1998; De Bano, 2000), tots fenòmens associats a la pèrdua d'infiltració i l'augment d'escolament superficial al sòl. L'increment en l'arrossegament de sediments pot tenir explicació tant pel major volum d'escolament posterior a les pluges com per la degradació estructural abans esmentada.

Figura 1. Evolució temporal de la capacitat d'infiltració del sòl respecte a l'estimada abans de l'incendi sota diferents climes i tipus de sòl



Font: Llovet (2005)

El cas de formacions arbustives sota clima subhúmit

En zones més humides, com és el cas d'ambients subhúmids al nord del Sistema Prebètic (Martín-Vide i Olcina-Cantos, 2001), la vegetació potencial sovint correspon al carrascar o alzinar continental. Actualment les garrigues i brolles, acompanyades de *Pinus halepensis*, ocupen una gran extensió. Acostumen a colonitzar antics conreus i a aparèixer com a resposta a incendis forestals. Aquestes comunitats són denses, acumulen molt combustible sec, el qual presenta una gran continuïtat tant horitzontal com vertical. Les condicions fan molt alt el risc de grans incendis forestals.

Per una altra part, la litologia influeix en la comunitat vegetal present. Tal com s'ha comentat abans, els sòls dominants estan poc evolucionats i les seves característiques estan molt relacionades amb el substrat geològic, afectant per tant la vegetació present en funció de les seves exigències ecològiques. La litologia també ha marcat diferències en els usos històrics del sòl, havent sigut lògicament més usades per l'agricultura les zones amb roques relativament toves i els sòls que es podien treballar, com és el cas

de les margues i els col·luvions, que no pas les zones amb roques dures i sòls sovint fissurals, com és el cas de les calcàries i les dolomies. La capacitat de colonització (en antics conreus) i la resiliència (en zones forestals, que s'usaven per extreure llenya) són trets de la vegetació que determinen la seva presència i estructura actual en resposta a la història dels usos del sòl. Així, sobre roques dures i sòls fissurals dominen espècies amb arrelament profund i capacitat de rebrotar. Pel que fa a substrats tous, aprofitats per l'agricultura en algun moment, dominen espècies amb bon potencial de germinació, amb major capacitat de colonització de nous espais, però menys resilients i de resposta al foc més lenta i irregular (Ferran *et al.*, 1991; Abad *et al.*, 1997; Vallejo i Alloza, 1998).

Es va portar endavant un estudi per avaluar l'efecte del foc i de les pluges sobre un sòl cremat, aquesta vegada en clima subhúmit i comparant les dues litologies més abundants a la regió, margues i calcàries en sentit ampli, amb les corresponents comunitats vegetals prèvies al foc: pins esparsos dins formacions arbustives denses, dominades per espècies germinadores sobre margues o dominades per espècies rebrotadores sobre calcàries.

Les zones d'estudi estaven repartides entre el nord de la província d'Alacant i sud de la de València; les localitats grans més properes són Alcoi i Banyeres de Mariola (l'Alcoià) i la Font de la Figuera (la Costera). Queden limitades per les coordenades geogràfiques 38°45'N–0°43'O i 38°42'N–0°34'O. L'altitud oscil·la entre els 800 i els 1.000 m i el clima és subhúmit.

Per aquest treball es va utilitzar també la simulació de pluja, seguint la metodologia comentada anteriorment. Es varen instal·lar 60 parcel·les (0,24 m² cadascuna d'elles) en zones cremades i no cremades, sobre margues i calcàries, recollint diferents orientacions geogràfiques. En el cas de les parcel·les en zona cremada es van fer dues sèries de simulacions de pluja, 3 i 15 mesos després del foc.

Els resultats mostren una major capacitat d'infiltració en els sòls sobre calcàries. En aquest cas, les mitjanes i desviacions estàndard van ser de 55 ± 1 mm h⁻¹ (no cremat), 41 ± 3 mm h⁻¹ (3 mesos postfoc) i 30 ± 7 mm h⁻¹ (15 mesos postfoc). En el cas de sòls sobre margues, la capacitat d'infiltració estimada va ser de 40 ± 17 mm h⁻¹ (no cremat), 34 ± 8 mm h⁻¹ (3 mesos) i 24 ± 9 mm h⁻¹ (15 mesos).

Aquests resultats recorden els obtinguts sota ambient semiàrid, però amb matisos (figura 1). Si comparem la infiltració obtinguda després de l'acció de les pluges respecte a la de les parcel·les no cremades, s'aprecia una disminució general entre el 40 i el 50%, tant en ambient semiàrid com en ambient subhúmit, i igualment en sòls sobre calcàries com sobre margues. Però hi van aparèixer diferències en l'efecte relatiu del foc i de les pluges. Tal com s'ha comentat anteriorment, en ambient semiàrid no s'hi van trobar pèrdues d'infiltració degudes directament al foc, però sí després de l'acció de la pluja sobre un sòl cremat i sense protecció. En el

cas d'ambients subhumits, la pèrdua d'infiltració explicable directament pel foc va ser superior a la de l'ambient semiàrid, però va romandre moderada. Aquesta pèrdua va ser superior en sòls desenvolupats sobre calcàries. Així, la capacitat d'infiltració tot just després del foc va ser equivalent al 85% (sobre margues) i al 75% (sobre calcàries) respecte de l'estimada en les parcel·les no cremades. Encara en relació a les parcel·les instal·lades sota clima subhimit, la pèrdua d'infiltració posterior, explicable per l'acció de les pluges sobre el sòl cremat, va ser del 25% en el cas de margues i del 20% en el cas de calcàries (figura 1).

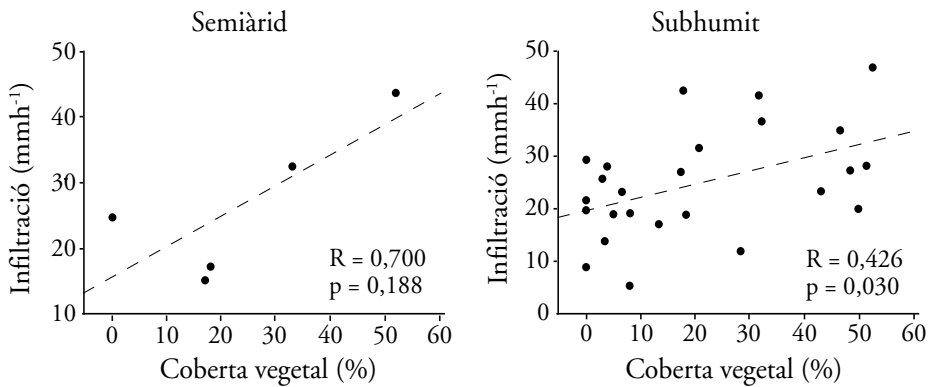
El paper de la vegetació

Aquests resultats donen indicis que l'efecte directe del foc en la capacitat d'infiltració del sòl estigué directament relacionat amb les condicions de la vegetació prèviament a l'incendi. Així, en condicions en què la vegetació té més limitacions per al seu creixement (ambient semiàrid) l'efecte directe del foc va ser pràcticament nul. Sota ambient subhimit, l'efecte directe del foc va ser inferior en sòls sobre margues, on normalment la vegetació està poc estructurada i dominada per espècies amb gran capacitat de colonització però poca resiliència. El major efecte directe del foc sobre la capacitat d'infiltració el trobarem en sòls sobre calcàries, on normalment les comunitats vegetals són més madures. Aquestes diferències en la resposta hidrològica immediata pot estar relacionada amb la quantitat de combustible i, per tant, en la intensitat i virulència de l'incendi. També podria explicar-se pel desenvolupament dels horitzons orgànics. En ambients semiàrids els horitzons orgànics són molt pobres i dins d'ambients subhumits acostumen a ser més potents en sòls sobre calcàries que no pas sobre margues; en sòls sobre calcàries, especialment quan no han estat conreats, són freqüents les garrigues o coscollars dominats per *Quercus coccifera*, espècie que acostuma a acumular gran quantitat de fullaraca. Això significa que aquestes comunitats vegetals presenten una elevada acumulació de combustible just a la superfície, en contacte directe amb el sòl. La seva combustió pot fer pujar la temperatura del sòl més que quan es cremen les capçades, a més de provocar la corresponent deposició de cendres i la destil·lació de compostos orgànics potencialment hidrofòbics.

Altre aspecte de la vegetació està lligat a l'exposició de la superfície del sòl als agents externs, especialment a la pluja en els nostres ambients. Després de l'eliminació, total o parcial, de la vegetació i dels horitzons orgànics a causa del foc, el període durant el qual la superfície del sòl es manté insuficientment protegida dependrà de la resposta de la vegetació. En el nostre cas, la capacitat d'infiltració posterior a l'acció de les pluges, mesos després del foc, es va relacionar positivament amb la resposta de la vegetació, estimada com a cobertura vegetal. És a dir, les parcel·les que

tingueren una millor resposta de la vegetació presentaren una major capacitat d'infiltració i menor producció d'escolament superficial. Aquest fenomen es va manifestar tant en ambient semiàrid, encara que no significativament (figura 2, esquerra) com en ambient subhúmit, de forma significativa en aquest cas (figura 2, dreta). Tanmateix no és pas sorprenent, diversos autors han estudiat l'efecte de la coberta vegetal en la capacitat d'infiltració del sòl, l'escolament superficial i l'erosió hídrica, essent referències properes: Francis i Thornes (1990), Bautista (1999) i Cerdà (2001), entre d'altres.

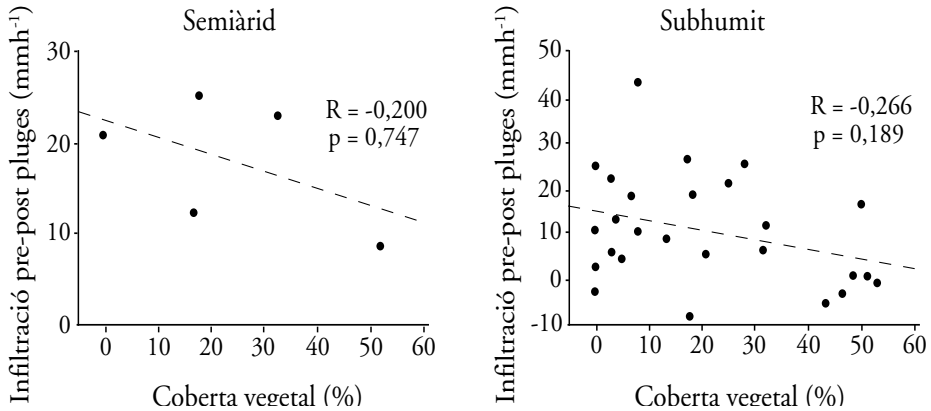
Figura 2. Relació entre la coberta vegetal i la capacitat d'infiltració de sòls cremats després de l'acció de les pluges. Dades obtingudes en ambient semiàrid (esquerra) i en ambient subhúmit (dreta)



Font: Llovet (2005)

A més a més, la relació entre la resposta de la vegetació i la capacitat d'infiltració del sòl no semblà limitar-se a un període concret (després de les pluges en aquests experiments). Els resultats obtinguts indicaren un efecte de la resposta de la vegetació com controladora de la pèrdua de capacitat d'infiltració deguda a les pluges posteriors al foc. Analitzant la diferència entre la capacitat d'infiltració estimada tot just després del foc i després de les pluges, la pèrdua d'infiltració tendí a ser major en les parcel·les on la resposta vegetal va ser inferior, i al contrari en les de resposta vegetal més ràpida. Aquesta tendència es va mostrar en les diferents localitats d'estudi, fossin sota ambient semiàrid (Figura 3, esquerra) o subhúmit (Figura 3, dreta), encara que de forma no significativa. La pràctica totalitat de parcel·les amb una coberta vegetal superior al 40% després de les pluges, mantingueren la capacitat d'infiltració que presentaven tot just després del foc, i en alguns casos fins i tot es va incrementar lleugerament. Al contrari, les majors pèrdues de capacitat d'infiltració es presentaren en parcel·les amb cobertes vegetals inferiors al 25-30%.

Figura 3. Relació entre la coberta vegetal i la pèrdua d'infiltració deguda a l'acció de les pluges sobre sòl cremat. Dades obtingudes en ambient semiàrid (esquerra) i en ambient subhúmit (dreta)



Font: Llovet (2005)

Conclusions

Aquests resultats mostren evidències de l'efecte del foc en l'hidrologia del sòl, en ocasions directes, a causa de l'increment sobtat i elevat de la temperatura de la superfície, però també indirectes, mitjançant canvis en la coberta que modifiquen l'acció de les pluges sobre el sòl.

D'altra banda, la reducció de la coberta vegetal i d'horitzons orgànics implica dos tipus de conseqüències: la disminució d'intercepció i redistribució de l'aigua de pluja accelera la producció d'escolament superficial, i la protecció insuficient dona lloc a una degradació física i estructural de la superfície del sòl.

El paper de la vegetació i els horitzons orgànics es manifesta complex, fins i tot contradictori. Actuen com a protectors de la superfície del sòl, però alhora com a combustible quan hi ha un incendi forestal. A més, la rapidesa en la resposta de la vegetació al foc gradua l'efecte de l'impacte de la pluja sobre la superfície del sòl.

Bibliografia

- ABAD, N.; CATURLA, R. N.; BAEZA, J.; BLADÉ, C.; VIEIRA, F.; CARBÓ, E.; VALDECANTOS, A.; BONET, A.; SERRASOLSES, I.; GUÀRDIA, R.; RAVENTÓS, J.; ALLOZA, J. A.; ESCARRÉ, A.; BELLOT, J.; VALLEJO, V. R. (1997). "Regeneración de los montes quemados". A: VALLEJO, V. R. [ed.]. *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*, València: Fundación CEAM, p. 51-148.

- ALLOZA, J. A. (2003). *Análisis de repoblaciones forestales en la Comunidad Valenciana. Desarrollo de criterios y procedimientos de evaluación*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València.
- BAEZA, J. (2001). *Aspectos ecológicos y técnicas de control del combustible (roza y quema controlada) en matorrales con alto riesgo de incendio, dominados por Ulex parviflorus (Pour)*. Tesis doctoral, Universitat d'Alacant.
- BAUTISTA, S. (1999). *Regeneración post-incendio de un pinar (Pinus halepensis, Miller) en ambiente semiárido. Erosión del suelo y medidas de conservación a corto plazo*. Tesis doctoral. Universitat d'Alacant.
- CALVO, A. (1987). *Geomorfología de laderas en la montaña del País Valenciano*. València: Institució Valenciana d'Estudis i Investigació (Col·lecció Politècnica).
- CALVO, A.; GISBERT, J. M.; PALAU, E.; ROMERO, M. (1988). "Un simulador de lluvia portátil de fácil construcción". A: SALA, M.; GALLART, F. [eds.]. *Métodos y técnicas para la medición en el campo de procesos geomorfológicos*. Sociedad Española de Geomorfología (Monografía 1), p. 6-15.
- CERDÀ, A. (1995). *Factores y variaciones espacio-temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos*. Geofoma Ediciones (Monografías Científicas).
- CERDÀ, A.; IBÁÑEZ, S.; CALVO, A. (1997). "Design and operation of a small and portable rainfall simulator for rugged terrain". *Soil Technology*, núm. 11-2, p. 163-170.
- CERDÀ, A. (1999). "Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain". *Soil Science Society of America Journal*, núm. 63, p. 362-368.
- (2001). *Erosión hídrica del suelo en el territorio valenciano*. Logronyo: Geofoma Ediciones.
- CERTINI, G. (2005). "Effects of fire on properties of forest soils: a review". *Oecologia*, núm. 143, p. 1-10.
- DE BANO, L. F. (2000). "The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review". *Journal of Hydrology*, núm. 231-232, p. 195-206.
- ELÍAS-CASTILLO, F.; RUÍZ-BELTRÁN, L. (1977). *Agroclimatología de España*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura.
- FAO (2001). *Lecture notes on the major soils of the world*. www.fao.org/docrep/003/y1899e/y1899e00.htm
- FERNÁNDEZ-ALÉS, R.; MARTÍN, A.; ORTEGA, F.; ALÉS, E. E. (1992). "Recent changes in landscape structure and function in a Mediterranean region of SW Spain (1950-1984)". *Landscape Ecology*, núm.7-1, p. 3-18.
- FERRAN, A.; SERRASOLSES, I.; VALLEJO, V. R. (1991). "Soil evolution after fire in *Quercus ilex* and *Pinus halepensis* forests". A: TELLER, A.; MATHY, P.; JEFFERS, J. N. R. [eds.]. *Responses of forests ecosystems to environmental changes*. Londres: Elsevier, p. 397-405.
- FRANCIS, C. F.; THORNES, J. B. (1990). "Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types". A: THORNES, J. B. [ed.]. *Vegetation and erosion*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., p. 363-384.
- GIL-OLCINA, A. (1994). "Els climes del sud d'Alacant". A: PÉREZ-CUEVA, A. J. [ed.]. *Atlas climàtic de la Comunitat Valenciana*. València: Generalitat Valenciana, Conselleria d'Obres Públiques, Urbanisme i Transport (Col·lecció Territori; núm. 4), p. 138-141.
- GIOVANNINI, G.; LUCCHESI, S. (1997). "Modifications induced in soil physico-chemical parameters by experimental fires at different intensities". *Soil Science*, núm. 162-7, p. 479-486.

- GROVE, A. T. (1996). "The historical context: Before 1850". A: BRANDT, C. J.; THORNES, J. B. [eds.]. *Mediterranean desertification and land use*. Chechester: John Wiley & Sons Ltd., p. 13-28.
- IGME (1958). *Mapa geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja 848 (Altea)*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- INBAR, M.; TAMIR, M.; WITTENBERG, L. (1998). "Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area". *Geomorphology*, núm. 24, p. 17-33.
- KOSMAS, C.; GERONTIDIS, ST.; MARATHIANOU, M. (2000). "The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos (Greece)". *Catena*, núm. 40, p. 51-68.
- LLOVET, J. (2005). *Degradación del suelo posterior al fuego en condiciones mediterráneas. Identificación de factores de riesgo*. Tesis doctoral, Universitat d'Alacant.
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F.; ALBADALEJO, J. (1990). "Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea". A: ALBADALEJO, J.; STOCKING, M. A.; DÍAZ, E. [eds.]. *Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas*. Murcia: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, p. 15-45.
- MARTÍN-VIDE, J.; OLCINA-CANTOS, J. (2001). *Climas y tiempos en España*. Madrid: Alianza Editorial.
- MARTÍNEZ-MENA, M. (1995). *Respuesta hidrológica en medios semiáridos: Factores de control y modelización*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia.
- MOLINA, M. J.; SANROQUE, P. (1996). "Impact of forest fires on desertification processes: a review in relation to soil erodibility". A: RUBIO, J. L.; CALVO, A. [eds.]. *Soil degradation and desertification in Mediterranean environments*. Logronyo: Geofoma Ediciones, p. 145-163.
- MORENO, J. M.; VÁZQUEZ, A.; VÉLEZ, R. (1998). "Recent history of forest fires in Spain". A: MORENO, J. M. [ed.]. *Large forest fires*. Leiden: Backhuys Publishers, p. 159-185.
- NAVEH, Z. (1990). "Fire in the Mediterranean. A landscape ecological perspective". A: GOLDAMMER, J. G.; JENKINS, M. J. [eds.]. *Fire in ecosystem dynamics*. La Haia: SPB Acad. Publ., p. 1-20.
- NEARY, D. G.; KLOPATEK, C. C.; DE BANO, L. F.; FFOLIOTT, P. F. (1999). "Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis". *Forest Ecology and Management*, núm. 122, p. 51-71.
- PADILLA, A. (1998). *Colonización vegetal en campos de cultivo abandonados en la provincia de Alicante*. Alacant: Publicacions de la Universitat d'Alacant.
- PAUSAS, J. G. (2004). "Changes in fire and climate in the Eastern Iberian Peninsula (Mediterranean Basin)". *Climatic Change*, núm. 63, p. 337-350.
- PÉREZ, B.; CRUZ, A.; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F.; MORENO, J. M. (2003). "Effects of the recent land-use history on the postfire vegetation of uplands in Central Spain". *Forest Ecology and Management*, núm. 182, p. 273-283.
- PUIGDEFÁBREGAS, J.; MENDIZÁBAL, T. (1998). "Perspectives on desertification: western Mediterranean". *Journal of Arid Environments*, núm. 39, p. 209-224.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987). *Mapa de series de vegetación de España*. Madrid: ICONA.
- RODRÍGUEZ-AIZPEOLEA, J.; LASANTA, T. (1992). "Los bancales en la agricultura de la montaña mediterránea: una revisión bibliográfica". *Pirineos*, núm. 139, p. 105-123.

- SANROQUE, P.; RUBIO, J. L.; IZQUIERDO, L. (1990). "Relaciones entre la erosionabilidad, el material de origen y el tipo de suelo en zonas de la provincia de Valencia (España): Relationships among erodibility, parent material and soil type in areas of the Valencia province (Spain)". *Soil Technology*, núm. 3, p. 373-384.
- SHAKESBY, R. A.; DOERR, S. H. (2006). "Wildfire as a hydrological and geomorphological agent". *Earth-Science Reviews*, núm. 74, 3-4, p. 269-307.
- STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. H. (1989). *Geografía física*. 3ª ed. Barcelona: Omega.
- TRABAUD, L. (1991). "Le feu est-il un facteur de changement pour les systèmes écologiques du bassin méditerranéen?". *Sécheresse*, núm. 2, p. 163-174.
- UNCCD (1994). *United Nations convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa*. París: UNCCD.
- USDA (2003). *Soil taxonomy*. Washington: Soil Survey Staff. http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/
- VALLEJO, V. R. (1996). *La restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. València: Fundación CEAM.
- VALLEJO, V. R.; ALLOZA, J.A. (1998). "The restoration of burned lands: The case of eastern Spain". A: MORENO, J. M. [ed.]. *Large forest fires*. Leiden: Backhuys Publishers, p. 91-108.
- VALLEJO, V. R.; CORTINA, J.; FERRAN, A.; FONS, J.; ROMANYÀ, J.; SERRASOLSES, I. (1998). "Sobre els trets distintius dels sòls mediterranis". *Acta Botanica Barcinonensia*, núm. 45, p. 603-632.
- VALLEJO, V. R.; ARONSON, J.; PAUSAS, J. G.; CORTINA, J. (2005). "Restoration of Mediterranean woodlands". A: VAN ANDEL, J.; ARONSON, J. [eds.]. *Restoration ecology from an European perspective*. Blackwell Science.
- VÉLEZ, R. (2004). "Europa: Desarrollo y fuego". *2nd Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View*. Córdoba, 19-22 abril 2004.