



FOC I AIGUA

L'IMPACTE DELS INCENDIS FORESTALS EN EL CICLE HIDROLÒGIC

António J. Dinis Ferreira, Carla S. S. Ferreira, Célia Bento, Tânia Esteves i Manuela Carreiras

Després de les flames i el fum ens queda un territori on la vegetació no amorteix l'impacte de les gotes i on els escolaments es produeixen en superfície i de manera sobtada. Els canvis en el cicle hidrològic com a conseqüència dels incendis forestals són cada vegada més ben entesos pels científics. Foc significa més aigua disponible per a l'aquífer i les plantes que rebroten, però també una més ràpida transició dels cabals des de la part alta a la baixa de les conques fluvials. Evitar grans incendis forestals, fins i tot amb cremes controlades, reduirà la continuïtat de l'escolament i afavorirà la infiltració.

Els efectes del foc sobre els processos hidrològics són complexos a causa dels múltiples mecanismes involucrats. Podem considerar les modificacions introduïdes per l'existència d'efectes directes del foc, i els efectes indirectes derivats de la desaparició de la protecció de la vegetació i la fullaraca. Els primers resulten de la mineralització de la matèria orgànica al sòl, que queda més exposada a ser transportada per les aigües d'infiltració i escolament. Els segons incrementen la susceptibilitat del sòl a l'erosió i a alteracions en el seu règim hidrològic. Els canvis en la resposta hidrològica i geomorfològica en les conques cremades poden desencadenar episodis catastròfics de crescudes.

Els incendis produeixen tota una gama d'impactes més o menys severos al sòl, que depenen de factors com el règim d'incendis, la meteorologia, la vegetació, el tipus de sòl i el relleu. Els canvis produïts al sòl alteraran profundament els processos hidrològics, els vessants i les conques hidrogràfiques. Aquests mecanismes físics estan directament relacionats amb els canvis químics i biològics, ja que afavoreixen que els nutrients es transporten més fàcilment per escolament. Així, el moviment de l'aigua arrossega sediments i soluts que arriben a àrees no afectades pels focs, i per tant amplien la zona afectada a espais d'alt valor estratègic com són les fonts i reserves d'aigua.

«ELS INCENDIS TENEN IMPACTES CONTRADICTORIS EN LA HUMITAT DEL SÒL. LA QUANTITAT D'AIGUA HI POT AUGMENTAR A CAUSA DE L'ELIMINACIÓ TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓ DE LES PLANTES»

Els incendis forestals poden conduir a l'aparició o l'enfortiment de la repel·lència de l'aigua al sòl. Aquest procés ocorre en les àrees cremades per incendis forestals d'alta intensitat, com també en alguns tipus de fullaraca, com és el cas de les produïdes per *Eucalyptus globulus* Labille. La calor generada pel foc provoca la vaporització dels compostos orgànics hidrofòbics, que es condensen a la superfície de les partícules minerals del sòl, més fredes, situades més avall. Els incendis que superen temperatures de 450°C tenen un impac-

te significatiu en l'escolament i l'augment de les taxes d'erosió, atès que deixen la vegetació i el sòl calcinats. En canvi, els incendis tenen impactes contradictoris en la humitat del sòl. La quantitat d'aigua al sòl pot augmentar a causa de l'eliminació temporal de la transpiració de les plantes. Aquest efecte podrà reduir, anular o ultrapassar l'efecte causat per l'augment de l'evaporació superficial a causa de la pèrdua de l'efecte de l'ombra de la vegetació

i fullaraca, i de la disminució de l'albedo promoguda per la capa de cendres. L'increment de la humitat del sòl afavoreix la percolació de l'aigua i per tant l'increment de les reserves subterrànies (més aigua en els brolladors i rius), i també facilita la saturació del sòl durant la temporada de pluges i, doncs, contribueix a incrementar l'erosió laminar i concentrada dels sòls. En deixar la superfície del sòl exposada a la radiació

A l'esquerra, Javier Riera. *Agullent-HV*, 2011. Fotografia sobre paper, 82 x 120 cm.

solar, el foc promou una major dissecació superficial associada a una major evaporació directa, i amb això i l'impacte de les gotes es formen crostes superficials, el que afavorirà l'augment de l'escolament.

Quan l'incendi consumeix la vegetació i la fullaraca, el sòl es queda exposat i la porositat disminueix a causa de l'impacte directe de les gotes de pluja sobre la superfície, produint un abundant escolament. L'energia de l'impacte de les gotes de pluja sobre el sòl augmenta de manera dràstica, i la pèrdua de vegetació i fullaraca redueix encara més la capacitat de retenció i emmagatzematge d'aigua, com també la resistència als fluxos d'aigua superficial en els vessants. Les propietats del sòl que contribueixen al bon funcionament del sistema hidrològic, en particular la capacitat d'infiltració, porositat, matèria orgànica, conductivitat hidràulica i la capacitat d'emmagatzematge i retenció d'aigua, es veuen negativament afectades pel foc.

No només als sòls, en general els incendis forestals causen canvis significatius en els diversos components del cicle hidrològic, ja que modifiquen la intercepció, l'evapotranspiració i els processos pels quals l'aigua arriba als caixers i aquíífers, determinant el cabal base i els pics de crescuda. Però és al sòl on es produeix la major transformació del cicle hidrològic com a conseqüència del foc, perquè determina la generació dels cabals que transportaran els rius.

En el vessant boscós, la precipitació excedeix en poques vegades la capacitat d'infiltració, de manera que els fluxos d'aigua de la capçalera cap a la part inferior del pendent es processen a través del sòl, i això disminueix significativament la velocitat de l'aigua i permet l'emmagatzematge d'una part important de la precipitació, que així es queda disponible per a les plantes. De tant en tant, en temps i llocs específics, el sòl podrà quedar saturat i es produirà escolament. Després de l'incendi, l'aparició o intensificació de la capa hidrofòbica disminueix en gran mesura la capacitat d'infiltració d'aigua al sòl i això causa l'escolament que remou amb facilitat la capa hidrofòbica de cendres i es transporta així una important font de nutrients. L'existència de macroporus al sòl, resultants de la crema de les arrels, permet la infiltració en alguns casos d'aigua de l'escolament.

Els treballs realitzats per l'Escola Superior Agrària de Coïmbra han demostrat que l'escolament d'una petita conca de drenatge en una zona cremada i una altra sense cremar presenten diferències clares. En la cremada, l'escolament s'inicia amb poca precipitació, tot i que, en les primeres setmanes, la quantitat de pluja no era suficient per saturar la capa de cen-

dres i causar respostes significatives al nivell de la parcel·la o de la conca. Els primers pics significatius es produeixen quan les precipitacions superen els 50 mm per setmana. Aproximadament un any després de l'incendi, la resposta de les conques hidrogràfiques amb 50 mm de pluja és similar a la registrada immediatament després del foc, però al nivell de la parcel·la s'observa una forta disminució de l'escolament. Amb aquest experiment a diferents escales fet al centre de Portugal es verifica una resposta ràpida de la conca a la quantitat de precipitació durant el primer any després de l'incendi. No obstant això, hi ha una disminució en els pics de crescudes en el temps. Els primers pics representen al voltant del 50 % de la precipitació. Un any després de l'incendi, el llindar de producció de pics de crescudes màxims de precipita-



En la imatge, mesures de control de l'erosió a les Muntanyes Rocalloses. Rotllos de palla, troncs, sembres... Tot sembla poc després d'un incendi.

cions s'ha incrementat i només episodis de pluja amb més de 25 mm han produït pics significatius. La resposta de l'àrea sense cremar és insignificant a escala de parcel·la i de conca, amb pics petits d'escolament que es produeixen només en resposta a episodis més extrems, aquells que tenen capacitat de saturar el sòl.

La transició de l'escolament subsuperficial i superficial pels pendents també presenta canvis significatius amb la presència del foc. Les crescudes a la conca forestal es generen perquè l'aigua que flueix a través del sòl satura la part inferior del vessant i produeix l'escolament superficial. Com més pluja, més gran és la zona saturada, major serà la superfície productora d'escolament superficial i més gran el pic de crescuda. Com que l'aigua es mou lentament a través del sòl cap a la base del vessant, els pics de crescuda solen retardar-se. A la conca cremada, la quantitat d'aigua



© Artemi Cerdà / Universitat de València

© Artemi Cerdà / Universitat de València



© Artemi Cerdà / Universitat de València



Després dels incendis augmenta la pèrdua de sòl. L'herència mil·lenària de les terrasses de conreu redueix aquestes pèrdues.

«QUAN L'INCENDI CONSUMEIX LA VEGETACIÓ I LA FULLARACA, EL SÒL ES QUEDA EXPOSAT I LA SEVA POROSITAT DISMINUEIX A CAUSA DE L'IMPACTE DIRECTE DE LES GOTES DE PLUJA SOBRE LA SUPERFÍCIE, EL QUE PRODUÏX UN ABUNDANT ESCOLAMENT»

En ser abandonades, les terrasses de conreu van degradant-se. Els incendis, i les altes taxes d'erosió posterior provocaran l'acceleració de la degradació. En la imatge, una zona de Coimbra (Portugal), després dels incendis de 2005.



que s'infiltra al sòl es redueix, de manera que una part important de la precipitació corre en superfície. El pics de crescuda, alimentats per l'escolament superficial, són molt ràpids i més abundants.

L'escolament es veu també controlat per la rugositat al llarg del pendent i la conca hidrogràfica. Si no troba obstacles, l'exportació dels materials –aigua, sediments, soluts o llavors– fora de la conca és ràpida. Si hi ha discontinuïtats, com per exemple una zona d'amortiment entre els vessants i els cursos d'aigua o bé bancals abandonats, la transferència d'aigua és més limitada. Si les discontinuïtats ocorren en els vessants, la infiltració representa un paper important, i la conca del riu té una resposta més lenta, amb l'escolament per saturació, que promou la conservació del sòl i de l'aigua. En tot açò representen un paper fonamental les terrasses de cultiu abandonades, que són clau en el control de l'erosió i l'escolament post-incendi.

Així, podem dir que els canvis produïts pel foc passen per la combustió de gran part de la fullaraca i vegetació arbustiva i herbàcia, i sovint per la mort dels arbres. Aquests efectes donen lloc a una sèrie de mecanismes que afecten els cicles hidrològics i cicles biogeoquímics que condueixen a processos de degradació. L'impacte del foc depèn de la seva intensitat. La major severitat s'associa a una major destrucció de la vegetació, fullaraca i matèria orgànica del sòl. Aquests processos provoquen les majors pèrdues de nutrients i la formació d'una capa de sòl repel·lent a l'aigua, cosa que dificulta la infiltració i promou la generació d'escolament. No obstant això, després de l'incendi, també poden experimentar un augment relatiu d'aigua al sòl a causa de la reducció de la transpiració de les plantes, que els permet arribar més ràpidament a una situació de saturació. Qualsevol dels fenòmens té com a conseqüència una resposta més ràpida de les conques hidrogràfiques i un major cabal. Això no obstant, després d'un any la recuperació vegetal fa tornar a la normalitat els processos d'erosió i escolament. ☺

BIBLIOGRAFIA

- FERREIRA, A. J. D. *et al.*, 2000. «Hydrological Implications of Soil Water Repellency in *Eucalyptus globulus* Forests, North-central Portugal». *Journal of Hydrology*, 231-232: 165-177.
- FERREIRA, A. J. D. *et al.*, 2005. «Influence of Burning Intensity on Water Repellence and Hydrological Processes at Forest Sites in Portugal». *Australian Journal of Soil Research*, 43: 327-336.

António J. Dinis Ferreira, Carla S. S. Ferreira, Célia Bento, Tânia Esteves i Manuela Carreiras. Departament d'Ambient, Escola Superior Agrària de Coimbra (Portugal).