
Modelització dels efectes del règim de taies de l'alzinar en la composició química de rieres del Montseny

Anna Àvila Castells

*Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)
Universitat Autònoma de Barcelona*

Introducció

Els darrers anys les aigües superficials d'extenses regions del nord d'Europa i de l'est d'Amèrica del Nord s'han acidificat com a conseqüència de l'increment de la deposició àcida a l'època industrial (Steinberg i Wright, 1992; Mason, 1990). En àrees d'explotació forestal s'ha demostrat que l'extracció de cations bàsics amb la biomassa talaada i la reforestació posterior també contribueix a l'acidificació del sòl i les aigües, pel fet que, durant el procés, la saturació de bases del sòl es veu reduïda. A la Gran Bretanya, la qualitat de les aigües de zones forestals i de landes s'ha deteriorat molt considerablement a causa de la deposició d'àcids i la plantació massiva de coníferes (Stoner i Gee, 1988; UKAWRG, 1988; Whitehead i coll., 1988). Així com se sap que els dos factors tenen un efecte negatiu sobre la qualitat de les aigües, no està tan clara la importància relativa que té cadascun d'ells. En estudis britànics i escandinaus, sembla ser que la deposició àcida és la responsable d'una major acidificació (Hornung, 1985; Jenkins i coll., 1990; Krug, 1991). Com que el tema és molt preocupant respecte a la gestió mediambiental i amb vista a la conservació de la qualitat de les aigües de zones proveïdores d'aigua per al consum, els països del nord d'Europa i d'Amèrica han dedicat molts esforços a estudiar el problema. Una aproximació molt freqüent s'ha dut a terme mitjançant l'ús de models que puguin reproduir diferents escenaris més o menys agressius per als ecosistemes, i predir-ne les conseqüències. Així, es poden fer unes recomanacions d'acció que minimitzin l'impacte acidificador.

A la regió mediterrània, la tendència a l'acidificació no és tan accentuada com a les zones esmentades, principalment a causa de dos factors: 1) els contaminants àcids atmosfèrics són, en gran part, neutralitzats per compostos alcalins (de procedència local o per transport del nord d'Àfrica); i 2) els sòls tenen una elevada saturació en bases. Però hi podria haver un risc d'acidificació, com el que s'ha trobat a la zona del Mont Lozère (massís Central, França) en què el creixement de la biomassa constituïa el principal factor d'acidificació (Durant i coll., 1992).

Per tal de poder fer previsions de l'evolució de la saturació de bases dels sòls i de l'acidificació de les rieres del massís del Montseny, s'hi ha aplicat un model dissenyat especialment per simular els processos hidrològics i biogeoquímics responsables de la dinàmica dels elements en sòls i en les aigües que els drenen. Aquest model s'anomena *MAGIC (Model of Acidification of Groundwaters in Catchments)*; Cosby i coll., 1985) i s'ha aplicat extensament a Europa i a Amèrica del Nord durant la darrera dècada.

En la nostra aplicació plantegem l'estudi dels canvis en el sòl i en la composició química de les rieres del Montseny predits pel model davant de diversos escenaris combinats de deposició de contaminants i de gestió del bosc. Es consideren tres escenaris de deposició atmosfèrica i tres de gestió del bosc. Dels escenaris de deposició atmosfèrica, dos representen l'increment de la contaminació motivada per les activitats industrials durant aquest segle, i un representa l'estat anterior a les emissions industrials. Per reproduir la gestió de tala, s'han considerat unes taies d'alzinar amb un període de rotació de 41 anys en què s'extreu el 33% de la biomassa en peu.

Mètodes

El *Model MAGIC* conté dos conjunts principals d'equacions: 1) les que descriuen l'equilibri iònic entre el sòl i la solució del sòl, i 2) les del balanç de massa corresponent als principals fluxos d'entrada i sortida del sòl (figura 1). Les dades que s'han de proporcionar al model consisteixen en descriptors del sòl (densitat, porositat, fondària, capacitat d'intercanvi catiònic, saturació de bases, taxa de canvi dels cations bàsics i adsorció de sulfat) i els fluxos coneguts (deposició atmosfèrica, exportació d'elements en les aigües de drenatge i absorció per part de la biomassa). Les taxes de meteorització, generalment, no es coneixen i s'ajusten en el model per un procés iteratiu d'aproximació fins que hi ha un ajust acceptable entre la composició de les aigües de drenatge simulades pel model i la mesurada. S'han d'introduir, també, la composició de la deposició atmosfèrica i la saturació de bases del sòl al principi de la simulació (any 1945), per poder comparar els canvis ocorreguts des d'aleshores.

Al Montseny, es disposa d'informació molt detallada sobre el funcionament hidroquímic i biogeoquímic d'una conca d'alzinar a la vall de la Castanya i dels alzinars de la zona (Ferrés *i coll.*, 1984; Àvila, 1988; Rodà *i coll.*, 1990, Àvila *i coll.*, 1992; Àvila *i coll.*, 1995), informació que dona una gran consistència al model basat, aquí, en aquestes dades mesurades. Per a una descripció detallada de la calibració del model, remetem el lector interessat als treballs de Neal *i coll.* (1995) i Àvila *i coll.* (1996).

Un cop s'han ajustat tots els paràmetres (i considerat els ajustos pertinents a cada simulació) es fa córrer el model, que proporciona la composició de les aigües de drenatge a partir de la resolució del sistema d'equacions d'equilibri i de massa esmentat. El pas de temps del model és d'un any, i típicament simula les variacions de la composició dels sòls i les aigües des del 1845 fins al 2125 (Cosby *i coll.*, 1985).

En aquesta aplicació, s'hi han simulat tres escenaris de deposició atmosfèrica: *a*) deposició atmosfèrica típica del període previ a la industrialització durant tot el període de simulació (anys 1845-2125), *b* i *c*): increment de la contaminació atmosfèrica seguint la tendència general a Europa en l'època industrial fins a l'any 1985, amb una reducció del 60% de les emissions a partir del 1985 fins al 2125 (escenari *b*), o amb el manteniment de les emissions al nivell de 1985 en el futur (escenari *c*),

També s'han simulat tres escenaris de gestió de bosc: 1) una extracció de biomassa contínua i de poc volum just per compensar l'increment de biomassa pel creixement del

bosc, de manera que, en aquesta opció, la biomassa del bosc es manté en estat estacionari any rere any; 2) una tala periòdica del 33% de la biomassa aèria de l'alzinar cada 41 anys durant tot el període de simulació (1845-2125); i 3) una interrupció de les activitats extractives des de l'any 1985 fins al 2125.

S'han de deixar clar que, si bé la precipitació actual al Montseny no és àcida (Àvila, 1996), en la deposició atmosfèrica s'ha d'incloure el flux per deposició seca, que pot ser molt important per a gasos precursors d'àcids (com ara el SO₂ i el NO_x). De fet, en la aplicació del model al Montseny és la deposició seca d'aquestes substàncies allò que dona un caràcter acidificador a la deposició atmosfèrica.

Resultats

Presentem aquí l'evolució en el temps de l'alcalinitat de la riera, variable que ens informa sobre l'estat d'acidificació del bosc, en els diferents escenari de tala i de deposició (figura 2). S'observa que la deposició atmosfèrica va tenir efectes semblants en els diferents escenaris de gestió del bosc: tant en el cas d'extracció contínua com en el de tala periòdica, hi ha una disminució de l'alcalinitat amb referència a la situació de baixa deposició àcida en l'època preindustrial. La disminució de l'alcalinitat va ser més pronunciada en el cas en què no es prenen mesures de disminució de les emissions atmosfèriques (escenari *c*). Les tendències de l'alcalinitat són semblants en el cas de tala periòdica i en el de tala contínua, però aquelles presenten un patró cíclic superposat que resulta de l'alteració dels nutrients del sòl fruit de la tala. Hi ha una baixada brusca de l'alcalinitat just després de la tala, efecte a curt termini de la major disponibilitat d'aigua per reducció de la transpiració després de la tala. La pauta ondulant subsegüent indica uns cicles de càrrega i d'extracció de cations bàsics del sòl durant fases de baixa absorció de nutrients (al principi del cicle, perquè hi ha poca biomassa) i de major absorció (cap al final del cicle). A partir de l'etapa de maduresa del bosc, considerada cap als 35 anys, l'absorció de cations disminueix, la qual cosa possibilita que s'acumulin cations bàsics al sòl. Si s'interromp la tala es van produint cations bàsics per meteorització de la roca i se'n van dipositant per deposició atmosfèrica. Com que, d'altra banda, ha cessat el flux d'extracció per absorció de la biomassa, es produeix una acumulació de cations bàsics al sòl que, al seu torn, provoca l'augment gradual de l'alcalinitat de les aigües de drenatge (figura 2c).

Discussió

Mentre que en àrees del centre d'Europa i d'Amèrica del Nord, afectades fa temps per la pluja àcida, la tala i la replantació d'espècies forestals augmenten el problema d'acidificació de les aigües, es pot dir que al Montseny els cicles de tala no semblen afectar significativament la qualitat de les aigües pel que fa als problemes d'acidificació.

Aquesta diferent resposta de sòls i aigües superficials enfront de l'acidificació en dos ambients geogràfics diversos s'ha d'interpretar amb relació a: 1) diferències en la intensitat dels factors acidificadors, i 2) diferències en l'estat de saturació de bases del sòl.

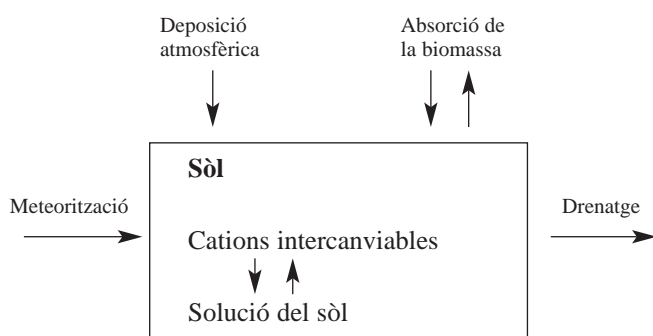


Figura 1. Esquema dels fluxos biogeoquímics considerats en el *Model MAGIC*.

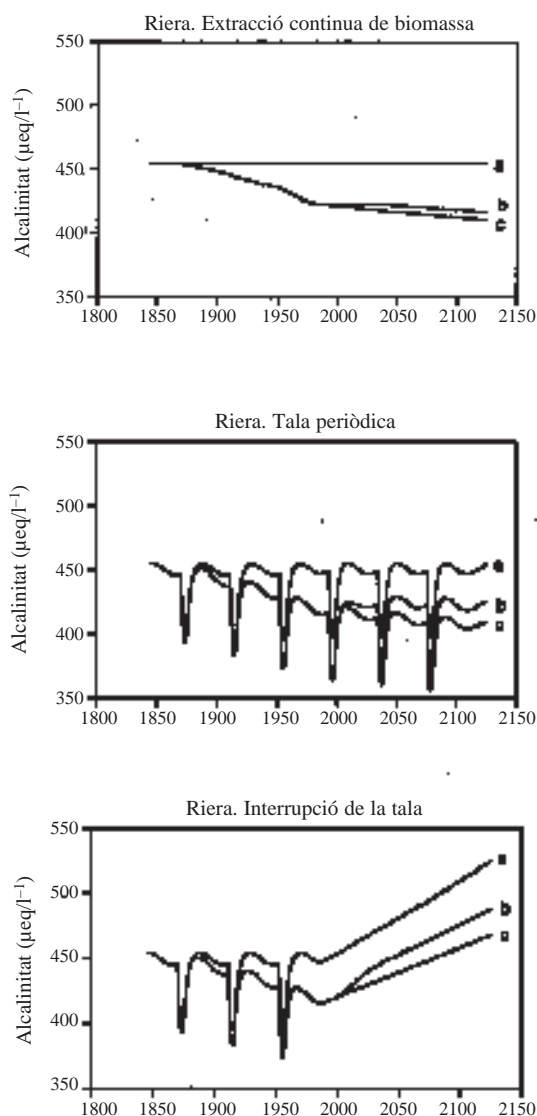


Figura 2. Variació de l'alcalinitat en el temps per a diferents escenaris de deposició àcida i de gestió de tala al Montseny. Els diversos escenaris de gestió de tala es mostren a l'encapçalament de les figures. Els escenaris de deposició àcida són els següents: a) deposició als nivells preindustrials durant tot el període; b) deposició seguint l'augment de les emissions d'òxids a escala europea fins a l'any 1985, i reducció d'un 60% a continuació, i c) igual que l'anterior, fins a l'any 1985, i sense reducció a continuació.

Al nord d'Europa i a Amèrica del Nord, la deposició dels anions SO_4^{2-} i NO_3^- és menor i, en gran part, està neutralitzada per cations bàsics, i això fa que l'efecte acidificador de la deposició atmosfèrica sigui menor.

D'altra banda, la gestió de tala que s'efectua al centre d'Europa i a Amèrica del Nord és de tala rasa, i afecta sobretot plantacions de coníferes, mentre que la gestió tradicional als alzinars del Montseny consisteix en aclarides selectives d'impacte molt menor. Per exemple, en la simulació de tala d'aquesta aplicació s'ha considerat que l'extracció per tala era de només un terç de la biomassa, xifra força representativa de les pràctiques de tala a l'alzinar del Montseny. Aquesta menor intensitat de la tala repercuteix en un menor impacte acidificador.

Finalment, els sòls d'extenses regions del centre d'Europa i d'Amèrica del Nord tenen una baixa saturació de bases i són, per tant, molt sensibles als canvis químics del sòl. La seva pobresa en bases es deu a diversos factors, com ara

els següents: 1) baixes taxes de meteorització, 2) litologia pobra en bases, i 3) sòls primis i molt lixiviat. Al Montseny, en canvi, els sòls es distingeixen per una elevada saturació de bases, fruit d'altres taxes de meteorització i poca lixiviació.

En resum, aquest estudi mostra que la qualitat del sòl i de les aigües de drenatge no està amenaçada al Montseny per la deposició àcida ni per l'empobriment de bases del sòl associada a les tales. Això no significa, però, que les tales no tinguin un impacte ambiental en altres aspectes, per exemple respecte a la generació d'escorriment superficial que porti a una destrucció dels horitzons superficials i a l'arrossegament de sediments cap als rierols.

Agraïments

Agraïm les contribucions de F. Rodà i C. Neal en l'aplicació del model. Aquesta recerca ha estat finançada pels projectes europeus ENCORE i DM2E, i de la CICYT AMB92-0349. L'estació de la Castanya rep el suport financer del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.

Bibliografia

- Àvila, A. (1988). *Balanç d'aigua i nutrients en una conca d'alzinar al Montseny*. Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient, 219 pàg. (Estudis i Monografies; 13).
- Àvila, A.; Piñol, J.; Rodà, F.; Neal, C. «Storm solute behaviour in a montane Mediterranean forested catchment». *Journal of Hydrology*, 140 (1992), 143-161.
- Àvila, A.; Bonilla, D.; Rodà, F.; Piñol, J.; Neal, C. «Soilwater chemistry on a holm-oak (*Quercus ilex*) forest: inferences on biogeochemical processes for a montane-Mediterranean area». *Journal of Hydrology*, 166 (1995), 15-35.
- Àvila, A.; Neal, C.; Terradas, J. «Climate change implications for streamflow and streamwater chemistry in a Mediterranean catchment». *Journal of Hydrology*, 177 (1996) 99-116.
- Àvila, A. «Time trend in the precipitation chemistry at a montane site in northeastern Spain for the period 1983-1994» *Atmospheric Environment*, 30 (1996), 1.363-1.373.
- Cosby, B. J.; Wright, R. F.; Honberger, G. M.; Gallo-way, J. N. «Modelling the effects of acid deposition: assessment of a lumped parameter model of soil water and streamwater chemistry». *Water Resour. Res.*, 21 (1985) 51-63.
- Durand, P.; Neal, C.; Lelong, F.; Didon-Lescot, J. F. «Effects of landuse and atmospheric input on stream and soil chemistry: field results and long-term simulation at Mont Lozère (Cevennes National Park, Southern France)». *Journal of Hydrology*, 119 (1992), 191-209.
- Ferrés, Ll.; Rodà, F.; Verdú, A. M. C.; Terradas, J. «Circulació de nutrients en algunos ecosistemas forestales del Montseny (Barcelona)» *Mediterranea Ser. Biol.* 7 (1984), 139-166.
- Hournung, M. 1985. «Acidification of the soil by trees and forest». *Soil Use and Management*, 1 (1985), 24-28.
- Jenkins, A.; Cosby, J. B.; Ferrier, R. C.; Walker, T.A.B.; Miller, J. D. «Modelling stream acidification in

- afforested catchments: an assessment of the relative effects of acid deposition and afforestation». *Journal of Hydrology*, 120 (1990), 163-181.
- Krug, E. C. «Review of acid deposition catchment interaction and comments on future research needs». *Journal of Hydrology*, 128 (1991), 1-27.
- Mason, B. J. *The Surface Waters Acidification Programme*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Neal, C.; Àvila, A.; Rodà, F. «Long-term modelling of the effects of forest harvest and atmospheric deposition in a sclerophyllous forested catchment in NE Spain». *Journal of Hydrology*, 168 (1995), 51-71.
- Rodà, F.; Àvila, A.; Bonilla, D. «Precipitation, throughfall, soil solution and stream chemistry in a holm-oak (*Quercus ilex*) forest». *Journal of Hydrology*, 116 (1990), 167-183.
- Steinberg, C.E.W.; Wright, R. F. *Environmental Science Research Reports*. Wiley: ES 14, 1994.
- Stoner, J. H.; Gee, A. S. «Effects of forestry on water quality and fish in Welsh rivers and lakes». *J. Inst. Wat. Eng. Sci.*, 39 (1985), 27-45.
- Whitehead, P. G.; Bird, S.; Hornung, M.; Cosby, J. B.; Neal, C.; Paricos, P. «Stream acidification trends in the Welsh uplands: a modelling study of the Llyn Brianne catchments». *Journal of Hydrology*, 101 (1988), 191-212.
- UKAWRG (United Kingdom Acid Waters Review Group). *Second Report. Acidity in the United Kingdom Fresh Waters*. Londres: HMSO, 1988.