8. Resum i conclusions

8.1. Conclusions generals

En el capítol anterior s'han presentat els resultats obtinguts per tal de validar el model proposat. S'han fet dos tipus de validacions: una validació visual a partir d'imatges satèl·lit de cobertura de neu i una validació hidrològica a través dels hidrogrames de cabal mesurats en les estacions d'aforament disponibles.

Les conclusions a què podem arribar son limitades ja que responen només als resultats d'una primera prova i convindria validar el model en un major nombre d'episodis i aplicar-lo en altres conques per poder afirmar d'una manera més rotunda qualsevol conclusió.

En quant a la validació a partir de la comparació dels mapes simulats de cobertura de neu amb les imatges de satèl·lit, es pot dir que s'obtenen uns bons resultats ja que les simulacions s'ajusten prou bé a la realitat. Tant en les simulacions de l'episodi 1 (Febrer-Març) com el 2 (Novembre-Desembre) reprodueixen força bé les imatges reals de cobertura de neu (7.1). D'aquesta primera validació destaquen els següents resultats:

- Una de les conclusions derivades d'aquesta primera validació a què s'ha arribat, és sobre el tractament de la temperatura. En un primer moment es van considerar totes les estacions meteorològiques per tal de fer la interpolació de la temperatura al llarg de la conca i es va detectar la imposició d'un gradient tèrmic horitzontal d'Oest a Est

produint una taxa superior de fusió en la zona Est de la conca. Comparant les simulacions amb les observacions aquest gradient no s'observava, per tant es va deduir que aquest gradient era l'efecte d'utilitzar estacions llunyanes a la zona d'estudi per fer la interpolació. Com a conseqüència d'això es van considerar sols les dues estacions que teníem dins la conca, però una d'elles estava afectada pel fenomen de la inversió tèrmica. En el cas d'utilitzar les dues estacions ens donava un gradient tèrmic veritcal negatiu, cosa que implicava tenir temperatures més altes a més alçada. Com aquest fenomen es troba limitat a una certa alçada i l'estació afectada era la que teníem a 700 metres, considerarem apropiat obviar-lo agafant sols una estació que tenim a una cota elevada (1400m), suposant que aquesta estació ja no es trobava afectada. Amb la utilització d'una sola estació per tal d'interpolar la temperatura es corregí aquest efecte del gradient horitzontal.

- Un altre aspecte a comentar és el mal funcionament dels pluviòmetres del SAIH (Sistema Automàtic d'Informació Hidrològica) respecte la detecció de nevades. Aquests pluviòmetres, dins el període estudiat, no funcionen bé a l'hora de detectar les nevades. Durant la segona quinzena del mes de Febrer del 2004 es van produir tres episodis de nevades en la nostra zona. Mentre les estacions del SMC (Servei Meteorològic de Catalunya) i les del SAIH amb cotes inferiors als 900 metres detectaven els tres episodis, les estacions del SAIH que es trobaven per sobre dels 900 metres no enregistraven pluja. Per tant es conclou que en el cas d'enregistrar nevades les estacions del SAIH no donen resultats fiables.
- Per últim dir que s'aconsegueixen millors resultats afegint al model inicial els fenòmens de la capacitat de retenció d'aigua, el dèficit calòric i el recongelament de l'aigua fosa. Aquests fenòmens el que fan és reduir la taxa de fusió en funció de la temperatura i retardar la seva circulació.

De la validació hidrològica del model podem destacar els següents punts:

- La complexitat del modelat de l'escolament de l'aigua provinent de la fusió i de l'aigua de precipitació i el diferent comportament que tenen fan difícil la transformació a cabals de l'aigua generada a nivell de cel·la. S'ha de tenir en compte que no sols hi ha la part d'escolament superficial si no que bona part del cabal sortint prové de fluxos subterranis. En el cas de l'aigua de fusió la major part del flux s'infiltra i surt més tard mitjançant fluxos subsuperficials. Hem proposat un model on es fa la mateixa transformació a cabals independentment de l'origen de l'aigua (neu o pluja) i del tipus de flux. Fent servir l'Hidrograma Unitari del SCS com a funció de transferència i jugant amb els paràmetres coeficient d'escolament i temps de pic per mirar de reflexar les diferències que existeixen en els diferents fluxos que intervenen (superficial, subsuperficial, base) i el seu origen (neu, pluja).

- Al tenir sols una estació amb dades de qualitat, de les dues que tenim, i al haver fet l'estudi en un sol període fan que els resultats no puguin ser concluents. A la sortida de la conca alta del riu Llobregat tenim l'estació de Guardiola de Berguedà encara que les dades es troben afectades per la presència d'un canal de reg. L'altre estació, aquesta sí amb dades de qualitat, és la de la petita subconca al Nord-est de la conca.
- En quant als resultats obtinguts, per un període curt (15-02-2004 al 25-03-2004) trobem una bona concordança entre l'hidrograma simulat i l'observat per la petita subconca (una correlació de 0.8 i una eficiència de 0.7), ara bé al augmentar el període de simulació (10-02-2004 al 23-05-2004) baixem a una correlació de 0.4 i una eficiència negativa. Aquesta falta de concordança es verifica al comparar els volums totals generats d'aigua disponible sense considerar pèrdues amb el volum total observat. Trobem que partim d'un dèficit d'un 40% d'aigua en el cas de la subconca. Un de les explicacions pot ser la poca representitivitat de les dades de pluja, és a dir unes dades d'entrada incorrectes.
- En el cas de les validacions per a la conca, tant per període curt com per llarg obtenim uns bons resultats, qualitativament parlant. Recordem que les mesures estan afectades pel canal de reg. Ara bé, considerant que comparem les crescudes i baixades de cabal i no així els valors en sí, obtenim una bona correlació, superior a 0.7. En la comparació entre volums observats i volums totals generats s'obté una similitud, encara que no podem afirmar que sigui certa ja que ens falten les dades de cabal del canal de reg.

8.2. Millores i innovacions

Algunes propostes per tal de millorar el model:

- Més estacions de mesura dins la conca d'estudi és bàsic per poder estar segurs dels resultats. Tant les mesures de temperatura com les de precipitació son bàsiques i decisives a l'hora de modelar el fenomen d'acumulació-fusió. Una xarxa més densa d'estacions ens donaria la certesa d'introduir unes bones dades d'entrada i per tant acotaria més la font d'errors, ja que ara no es pot saber si les discrepàncies són per una mala modelació o per unes dades d'entrada incorrectes. Així mateix també necessitaríem més qualitat en la informació de cabals, dades contaminades per canals de reg.
- Validar el model en més episodis per poder calibrar millor el model. Això ens permetria estimar millor els paràmetres com el factor de fusió, els coeficients d'escolament, ...
- Un altre dels aspectes que es poden millorar és el diferent tractament que tenen els processos d'acumulació i fusió en vers el tipus de cobertura vegetal, bàsicament entre

zones boscoses o zones obertes, ja sigui substrat rocós o vegetació fina. La neu acumulada en les zones obertes normalment és superior a la de les zones boscoses. També s'observa que la cobertura de neu varia més, en quant a la profunditat del paquet de neu, en les zones obertes que no en les tapades ([23] Marchand et al,2003). Un altre de les diferències és en l'energia que li arriba, en les zones densament poblades d'arbres, la radiació solar arriba més difusa, cosa que farà que la neu en zones tapades es fusioni més lentament. Per aquestes raons creiem que s'hauria d'introduir com a variable d'entrada el tipus de cobertura vegetal per tractar separadament les zones obertes de les tapades.

- També es podria aplicar el model de cara a fer prediccions a curt termini (forecasting) introduint prediccions de temperatura i precipitació.

Altres implementacions més complexes d'integrar que degut a la poca informació necessària pel model proposat ara mateix no son possibles:

- No considerem diferències a l'hora de modelar els dia amb pluja dels dies en què no plou. La majoria de models estudiats sí tracten diferent a l'hora de simular-los. Pels dies sense pluja normalment s'utilitza l'aproximació d'índex de temperatura, o la combinada amb la radiació com fem nosaltres. Però en dies que tenim precipitacions el pes relatiu dels diferents components en el balanç energètic canvia, i habitualment s'utilitzen llavors mètodes basats en simplificacions de l'equació de conservació de la calor, que tenen en compte la transferència de calor sensible i latent, així com la radiació neta i l'aport de calor de la pluja. Això ens pot provocar una mala simulació de la fusió pels dies de pluja.
- Tampoc considerem la redistribució de la neu per l'efecte del vent. Aquesta redistribució està influenciada també per les característiques del terreny, com el pendent, l'orientació i la curvatura. Aquesta redistribució no és tant pronunciada en les zones boscoses. Recent estudis mostren que les partícules de neu es mouen predominantment per saltació i suspensió i que la taxa de transport es pot descriure utilitzant relacions amb la velocitat del vent ([24] Marsh, 1999). Altres efectes produïts pel vent són la sublimació (pas de l'estat sòlid a l'estat gasós sense passar per l'estat líquid) de la neu, que es dóna en certes circumstàncies i pot reduir significantment la cobertura de neu. S'han desenvolupat algorismes amb base física que s'han incorporat a models de redistribució de la neu. Per exemple, el PBSM ([25] Pomeroy et al, 1993), SnowTran3D ([26] Liston et al, 1998),... Aquests models són capaços de produir mapes distribuïts espacialment de l'SWE (*snow water equivalent*) que s'adiuen raonablement a la distribució natural. Inclouen mètodes per estimar la variació espacial de la velocitat del vent i del tipus de vegetació ([24] Marsh, 1999).