

**DRYAS®**



Medi Ambient i Riscs Naturals

## **RISC D'EROSIÓ**

### **-ANNEX DE DOCUMENTACIÓ-**

Direcció: **Valentí TURU i MICHELS**  
Av. Príncep Benlloch 66-72  
Edifici Interceus, despatx 408  
Telèfon i fax: 321815 - 820323  
Email: [risc.dryas@igeotest.ad](mailto:risc.dryas@igeotest.ad)  
<http://www.igeotest.ad>

## A1 RISC D'EROSIÓ, BREU INTRODUCCIÓ

Les condicions topogràfiques (importants gradients), climàtiques (importants variacions de temperatura) i geomorfològiques (dipòsits erosionables, superfícies d'erosió somitals) imperants al Principat, així com alguns dels trets característics dels seus sòls (poc gruix en el vessant i important regolit a les superfícies d'erosió somitals), indiquen que l'erosió de la cobertora edàfica pot ser en certs indrets important.

Els vessants de les valls poden arribar a ser molt inclinats, i aquest és un factor clarament favorable al desmantellament dels sòls per efecte, principalment, de l'escolament superficial i els fenòmens gravitacionals. Les fortes precipitacions estivals que caracteritzen el règim climàtic d'Andorra així com les acumulacions de neu que s'acaba fonent a la primavera són factors climàtics que, units als cicles de gel-desgel i combinats amb els gradients topogràfics elevats, poden tenir una forta incidència sobre els sòls. Un sòls sovint de gruix escàs, les característiques generalment àcides dels quals no afavorèixen precisament l'estabilitat dels agregats.

## A2 TIPOLOGIA DELS PROCESSOS EROSIUS

De la pèrdua de sòl en són responsables diversos tipus de processos erosius, cada un dels quals tindrà major o menor importància a cada localitat considerada. Per al cas del Principat cal tenir en compte l'erosió hídrica i la produïda per moviments de massa, cada una d'elles en les seves diverses modalitats, sense oblidar-se dels possibles efectes de l'erosió eòlica. No farem aquí referència a aquesta última per no disposar de dades al respecte, però cal esmentar que segons BECH *et al.* (1979) a l'àmbit andorrà els seus efectes són beneficiosos en aportar materials fins als *litosòls*, especialment a les zones de prats culminals.

### A2.1 Erosió hídrica

Són quatre les formes d'erosió hídrica generalment diferenciades; per *esquitx*, *escolament superficial difús*, *escolament superficial concentrat* i *escolament subsuperficial*. D'aquestes farem referència a les tres primeres.

#### A2.1.1 Erosió per esquitx

Allà on els sòls estan desprotegits d'una coberta vegetal les gotes de pluja, en impactar directament sobre el terra, produïxen un doble efecte; la destrucció dels agregats i el desplaçament consegüent de les partícules que els formaven així com el desenvolupament d'una crosta superficial de conseqüències indesitjables, com són la disminució de la capacitat d'infiltració del sòl i dificultats per al creixement de la vegetació als estadis inicials (POCH, 1993).

Les gotes de pluja poden arribar a la superfície amb una velocitat de fins a 900 cm/s, destruint-se els agregats i generant-se desplaçaments de fins a 150 cm de les partícules (PORTA *et al.*, 1987).

La capacitat d'erosió per esquitx de la pluja depèn de l'energia cinètica de les gotes, la qual està determinada per la velocitat i el diàmetre d'aquelles. El tamany de les gotes està directament relacionat amb la intensitat de les precipitacions segons expressions com la següent (RELEA *et al.*, 1987):

$$D = 1.73 * I^{0.227}$$

on D és el diàmetre mitjà de les gotes en cm, i el terme I la intensitat de la precipitació que pot ser expressada en mm/h. A partir del diàmetre mitjà de les gotes pot obtenir-se llur velocitat mitjançant l'expressió proposada per LEVERT (RELEA *et al.*, 1987):

$$V = 650 * D^{1/2}$$

on V és la velocitat en cm/s. Finalment, equacions com la de MIRSTSKHULAVA (RELEA *et al.*, 1987), que aquí ens estalviem de reproduir, permeten avaluar la quantitat de sòl afectada per l'*erosió per esquitx*.

Cal tenir en compte que els efectes de l'*erosió per esquitx* són màxims en sòls de granulometria mitjana (sorra fina i llim), sent un altre factor important el grau d'estabilitat dels agregats (POCH, 1993). Respecte a aquest últim factor cal esmentar el comentari de BECH *et al.* (1979), segons el qual l'acidesa i els continguts febles en l'ió calci que caracteritzen en general els sòls andorrans són causes d'una escassa estabilitat de llurs agregats. Un cop desintegrats en les seves partícules constituents, aquestes poden ser fàcilment desplaçades per l'*escolament difús* i el *concentrat*.

Al Principat les precipitacions de caràcter tempestuós són característiques dels mesos estivals, per tant és durant aquesta època que cal esperar una major incidència del tipus d'erosió hídrica que aquí es tracta.

## A2.1.2 Erosió per escolament superficial difús

Quan la intensitat de les precipitacions supera la capacitat d'infiltració dels sòls, o bé aquests no poden absorbir els aportos per estar saturats, i en ser superada la capacitat d'emmagatzematge de les depressions de la superfície, apareix l'*escolament superficial difús* responsable de l'anomenada *erosió laminar*.

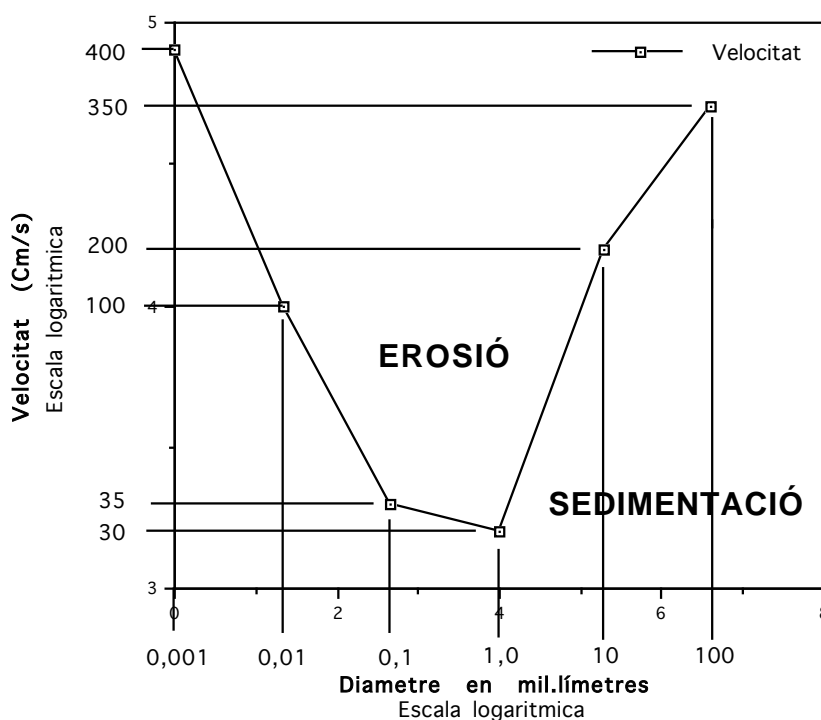
La capacitat d'erosió de la làmina d'aigua depèn tant de la velocitat del fluxe com de la seva turbulència, així com de la granulometria del material afectat. (POCH, 1993). La turbulència és indicada pel conegut *nombre de REYNOLDS*, mentre que la velocitat pot ser avaluada mitjançant la *fórmula de MANNING*. Aquesta última ve donada per l'expressió següent (RELEA *et al.*, 1987):

$$V = 1/n R^{2/3} i^{1/2}$$

on  $V$  és la velocitat de l'aigua en m/s,  $n$  el *coeficient de rugositat de MANNING* (tabulat),  $R$  el *radi hidràulic* que pot ser assimilat al gruix de la teòrica lamina d'aigua, i el terme  $i$  la pendent en m/m.

La **figura 1** mostra que són els materials de granulometria mitjana els més fàcilment erosionables; velocitats d'una trentena de cm/s són suficients per arrossegat partícules d'entre 0,1 i 1 mm de diàmetre (segons HJÜLSTROM, 1939 dins SUNDBORG, 1956).

**Gràfic de Hjulstrom (1939)**



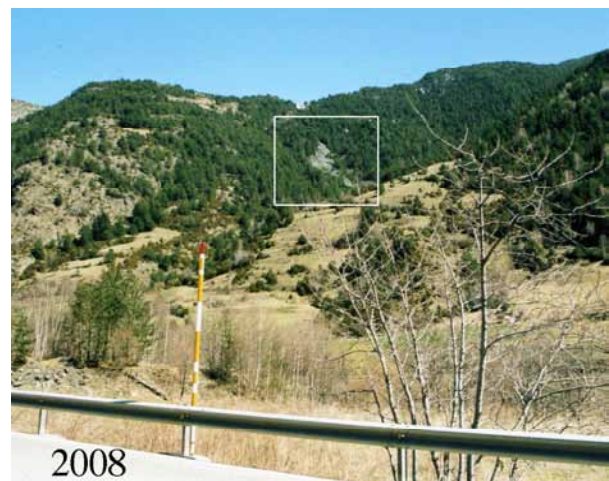
Al Principat cal esperar *erosió laminar* durant les intenses pluges estivals seguint l'anomenat *model hortonià*, però lamentablement no disposem de dades referents a aquestes intensitats. Segons l'estudi de precipitacions màximes esperables a Espanya d'ELIAS Y RUIZ (1980), al sector pirinenc andorrà les màximes precipitacions en una hora poden oscil·lar entre 40 i 50 mm amb un període de retorn d'una desena d'anys. Les precipitacions líquides amb intensitats de 50 mm/h o superiors són considerades "greus" a la classificació de KOHNKE (RELEA *et al.*, 1987), tot i que d'altres autors pensen que una pluja pot tenir poder erosiu a partir d'intensitats d'uns 30 mm/h (PORTA *et al.*, 1987).

La durada és un altre factor a tenir en compte. Llargs períodes de pluges de poca o moderada intensitat poden generar per saturació fluxes superficials laminars fins i tot en sòls amb bones capacitats d'infiltració i d'emmagatzematge.

### A2.1.3 Erosió per escolament superficial concentrat

La concentració de l'escolament superficial fa que augmenti molt la seva capacitat d'erosió i transport, resultant incisions en el terreny que depenent de llur mida rebent diferents denominacions; *solcs* o *xaragalls*, *escorrancs*, *barrancs* i *garrotxes*. El desenvolupament de les incisions depèn de la intensitat de les pluges, la topografia (inclinació i longitud de les vessants), i les característiques dels materials afectats (permeabilitat), principalment (POCH, 1993).

Segons el model proposat per BOON & SAVAT (1981) les vessants llargues, amb forta inclinació i de granulometria fina són les més susceptibles a sofrir la formació de *xaragalls*.



Xaragalls a l'Ensegur (Arans)

Com a exemple a la vall del Madriu, GÓMEZ (1990) indica al seu mapa geomorfològic processos d'*erosió remuntant* i d'*encaixament per escolament superficial concentrat* al tram inicial del riu Madriu comprès entre la divisòria d'aigües i els Orris de Setut. La mateixa dinàmica torrencial d'incisió és esmentada a les capçaleres de les conques instal·lades a ponent de Calm Burrut i Calm de Claror. Aquest tipus d'erosió és tanmateix esperable a les petites conques a la base de les quals es localitzen veritables *cons de dejecció*, com és el cas de la dels Clots de la Raconada de la Maiana.

## A2.2 Erosió per moviments de massa

### A2.2.1 Solifluxió i gelifluxió

Un dels processos de vessant que poden provocar l'erosió dels sòls són els que es conèixen amb la denominació genèrica de *solifluxió*. Aquesta consisteix en el desplaçament vessant avall de les formacions superficials motivat per la plasticitat que adquirèixen els sòls en saturar-se d'aigua.



Fenòmens de solifluxió a la cobertora edàfica de l'Obac d'Encamp

La *solifluxió* té especial incidència durant el període primaveral de la fosa de les neus. En els sòls amb presència de gel aquests processos són potenciats pels efectes disgregadors del sòl generats pels canvis de volum associats al gel-desgel, és l'anomenada *gelifluxió*. Segons SERRAT i VILAPLANA (1979), cal distingir al context andorrà dues menes de *gelifluxió*; la superficial i generalitzada i la que afecta gruixos de sòl més considerables de forma, però, puntual. Aquesta última pot ser fins i tot generadora de *colades fangoses* que eventualment adquirèixen dimensions "considerables", restant una cicatriu que pot ser el punt d'inici d'aixaragallaments.

Pel que fa a la *gelifluxió* superficial, els autors encara diferencien entre la que afecta vessants poc inclinades de menys de 10° de pendent i la que es troba en vessants més inclinades. En el primer cas en resulten lòbuls grans de gruix escàs, com els presents als calms de Claror, Borrut i Ramonet, Rasa de Perafita i a l'entorn de la collada de la Maiana (GÓMEZ, 1990). En el segon es generen les típiques *garlandes en graderia*. Generalment aquestes formes denoten una situació d'equilibri dinàmic en que la tendència del sòl a desplaçar-se pendent avall és frenada per la vegetació pràticola, sent l'home el responsable més comú del trencament d'aquest equilibri natural com ha pogut ser constatat repetidament. Conseqüentment cal considerar els sòls afectats per processos de *gelifluxió* mereixedors d'una especial atenció per tal d'evitar el desencadenament de processos erosius en el seu si, difícilment rectificables un cop iniciats en molts casos.

## **A2.3 L'acció antròpica**

### **A2.3.1 L'obertura de pistes forestals i carreteres**

Al Principat són nombrosos els exemples d'obertura de pistes amb conseqüències absolutaments negatives per al medi. En alguns casos les noves vies malmeten de forma important el paisatge i en no poques ocasions són l'origen de considerables increments de les taxes erosives de les àrees afectades en generar moviments de massa. Això últim pot ser degut a diversos motius, a saber:

- \* inestabilització de la vessant en no tenir en compte les característiques estructurals i mecàniques del substrat rocós afectat.
- \* perturbació del règim hídric de la vessant resultant volums saturats susceptibles d'esllavissar-se pendent avall.
- \* abocaments inadequats dels materials extrets en crear els desmunts, inestables en moltes ocasions i generadors potencials d'inestabilitats a la zona de la vessant on han estat dipositats.

Els problemes poden sorgir, a més, en no protegir talusos de desmunts i terraplens sobre els quals els escolaments superficials, generats principalment a causa de precipitacions intenses, poden causar estralls. El mateix mecanisme pot afectar la pròpia superfície de la via.

L'alteració del drenatge de les vessants és una qüestió a tenir especialment en consideració a les àrees amb presència de materials morrènics en els que elevades pressions de l'aigua dels porus intergranulars són susceptibles de desencadenar moviments de tipologia diversa, especialment de caràcter rotacional.



La creació de talusos als sectors de les vessants recoberts per acumulacions de clastes, tant si es tracta de zones de deposició actives com inactives, és especialment delicat. Un bon exemple de les conseqüències que poden derivar-se d'aquestes actuacions és el de la carretera de la vall de Tristaina, al seu pas per la Coma del Forat. Tal com comenten PUIGDEFÀBREGAS *et al.* (1979), fou en aquella ocasió la reactivació d'una tartera no funcional la conseqüència directa de la creació del talús, sent constants a partir d'aquell moment les esllavissades.



Vessant de la Coma del Forat amb erosió induïda



### A2.3.2 Explotació forestal i ramaderia

Deixant de banda els efectes negatius que genera l'obertura de pistes forestals per a l'extracció de fusta, així com el seu ús per part de vehicles pesants, cal aquí esmentar la problemàtica associada a la desforestació.

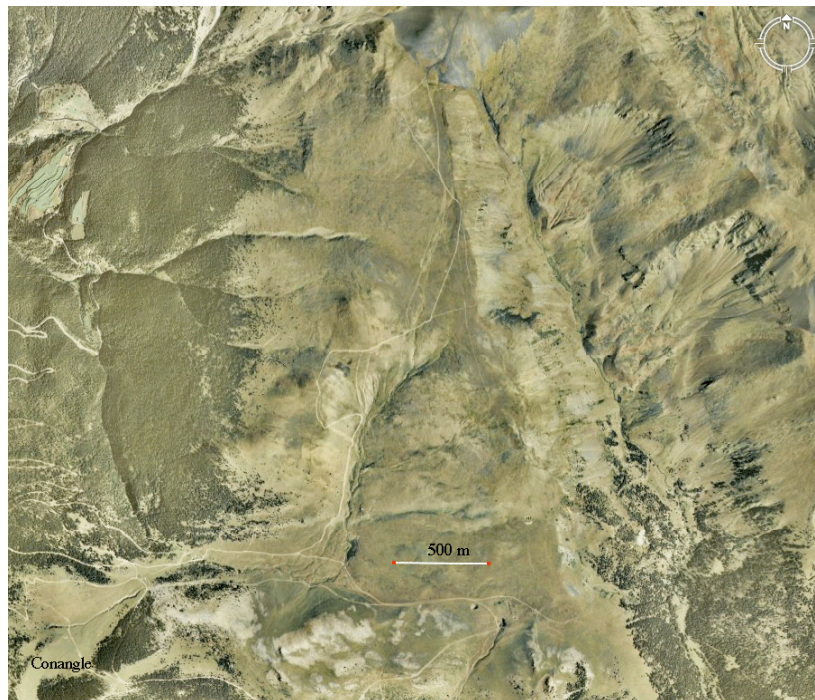
Ben sabut és que les àrees forestals la vegetació no tan sols intercepta un important percentatge de la pluja abans que aquesta assoleixi el sòl atenuant així l'erosió per esquitx, sinó que a més té un efecte d'estabilització dels sòls mitjançant les arrels.

Finalment, el règim hidrològic de les zones forestals és molt particular ja que en elles la capacitat d'infiltració dels sòls és especialment elevada, fent això possible que l'*escolament superficial* sorgeixi només a rel de les precipitacions més intenses. Per aquestes raons la destrucció del bosc pot desencadenar processos erosius i quan l'efecte és el descens del límit superior natural del bosc el resultat final és l'aparició de processos propis de l'*estatge crionival* a alçades pertanyents, potencialment, a l'àmbit forestal (ARNAEZ-VADILLO, 1990).

No és clar que l'activitat ramadera tingui sempre efectes negatius sobre la dinàmica geomorfològica de l'alta muntanya, ja que tot i que implica en moltes ocasions una destrucció del bosc per tal d'augmentar l'àrea de les pastures alguns autors han posat de manifest els processos erosius desencadenats a rel del descens del pasturatge als Pirineus. Alguns exemples són proporcionats per SOUTADÉ (1981), entre els que pot ser destacada l'observació que l'abandó de zones de pasturatge pot portar inherent un augment de la freqüència de les allaus pels canvis experimentats per la coberta vegetal en algunes zones de l'alta muntanya pirinenca.

### A2.3.3 Activitats lúdiques

Finalment les observacions realitzades a les planes culminals del sud de la zona considerada per BERNARD (1987) esmenta efectes absolutament negatius que resulten de l'ús dels camps de Claror, Borrut i Ramonet com a espai d'activitat esportiva de vehicles tot terreny, propiciats també per la circulació excessiva de camions-jeep per al transport de turistes. Els xaragalls generats per aquestes activitats tenen fondàries que oscil·len entre uns 30 cm i un metre estant en alguns sectors molt generalitzats per la gran quantitat de pistes obertes. El fet es veu agreujat perquè generalment els tot terreny ascendeixen seguint la màxima pendent.



Camp de Claror, Borrut i Ramonet, erosió induïda

**A3 BREU RESSENYA BIBLIOGRÀFICA**

BECH, J., JOSA, R., i VALLEJO, R. (1979) La cobertura edàfica; dins de FOLCH, R. i equip d'autors, El Patrimoni Natural d'Andorra; Ketres Editora. Barcelona.

BERNARD, L. (1987) Recerques geomorfològiques sobre els plans del sud d'Andorra; Institut d'Estudis Andorrans. Centre de Perpinyà, 126 pp.

BOON, W. & SAVAT, J. (1981) A nomogram for the prediction of rill erosion; in R.P.C. Morgan (ed.) Soil Conservation, Problems and Prospects. Wiley, 303-320.

GÓMEZ, A. (1990). Mapa geomorfològic de la vall del Madriu. Formes glacials i periglacials; dins Annals 1990, Institut d'Estudis Andorrans, Centre de Barcelona, 13-34.

ELIAS, F. y RUIZ, L. (1980) Precipitaciones máximas en España; Monografías, 21. Ministerio de Agricultura. ICONA.

PORTA, J. i equip d'autors (1987) Introducció al coneixement del sòl. Sòls dels Països Catalans; Associació d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Fundació Enciclopèdia Catalana.

POCH, R.M. (1993) Tècniques de conservació dels sòls; Edicions de la Universitat de Lleida i Promociones y Publicaciones Universitarias, S.A., 82 pp.

PUIGDEFÀBREGAS, C., SERRAT, D. i VILAPLANA, J.M. (1979) Tractament del medi geològic; dins de FOLCH, R. i equip d'autors, El Patrimoni Natural d'Andorra; Ketres Editora. Barcelona.

RELEA, F. i equip d'autors (1987) Recomanacions tècniques per a la restauració i condicionament dels espais afectats per activitats extractives; Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya, 422 pp.

SERRAT D. i VILAPLANA, J.M. (1979) Sistema nival; dins de FOLCH, R. i equip d'autors, El Patrimoni Natural d'Andorra; Ketres Editora. Barcelona.

SOUTADÉ, G. (1981) Les conseqüències de l'abandó de la vida pastoral sobre el modelat d'altitud, a l'est dels Pirineus; Annals de l'Institut d'Estudis Andorrans. Centre de Perpinyà, 15-20.

SUNDBORG, D. (1956) The river Karalven, a study in fluvial processes; dins de Geogr. Ann., (38), 125-316