

SISTEMES I PROCESSOS

Informació del territori i càlcul de l'escolament superficial mitjançant el model HEC-1. Aplicació al mapa de sòls 1:50.000 de la conca de Canalda (el Solsonès)¹

Josep Estruch Guix*

Rebut: 25.04.00
Acceptat: 05.11.00

Resum

L'HEC-1 és un model empíric de simulació hidrològica de conques d'àmplia difusió. Actualment, es troba disponible conjuntament amb el programari WMS (*Watershed Modeling System*), que disposa de diferents eines que faciliten el processament de les dades del territori. Abans de fer la modelització d'una conca és necessari obtenir dades del territori per fer una correcta parametrització del model. L'escala d'entrada (gra de generalització) de les dades influirà en els càlculs de l'escolament superficial realitzats en la simulació.

El model HEC-1 s'ha aplicat a la conca de Canalda (el Solsonès) de 66 km² per conèixer la influència de generalitzar els paràmetres d'entrada (usos i tipus de sòls i divisió en subconques) en el càlcul de l'escolament superficial. Per aplicar el model ha estat necessari dur a terme un reconeixement i estudi dels sòls de la conca, fent un èmfasi especial en les propietats físiques, la distribució i extensió dels sòls, obtenint el mapa de sòls de la conca a escala 1:50.000.

El procés de generalització de les dades d'entrada s'ha efectuat partint de l'escala base 1:50.000 i

passant a les escales 1:100.000 i 1:200.000. En les simulacions practicades s'observa que el grau de generalització de les dades d'entrada té efecte en l'hidrograma de sortida de la conca: en passar a escales més petites s'aprecia un retard en la punta de l'hidrograma i una reducció de l'aportació total i del cabal punta.

PARAULES CLAU: Modelització hidrològica, WMS /HEC-1, generalització, conca forestal, escolament superficial, sòls, SIG.

Abstract

Territorial information and runoff calculation using the HEC-1 model. Application to the 1:50.000 soil map of the Canalda Watershed (el Solsonès, Lleida, NE Spain)

HEC-1 is a widely used empirical model for watershed hydrological simulation. The model is currently available together with «Watershed Modeling System» (WMS) software, which provides

¹Aquesta publicació correspon al resum d'un treball que ha estat guardonat amb un accésit al Premi per a Estudiants de la Institució Catalana d'Història Natural, 2000

*Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Pujada del Seminari s/n. E-25280 Solsona. e-mail: estruch@yahoo.com

tools for processing territorial data. Prior to watershed modeling, territorial data must be acquired to ensure a correct model parametrisation. The input data scale (degree of generalisation) will influence the runoff simulation calculations.

The model has been applied to the Canalda watershed (Lleida, Spain) with a surface of 66 km² to study the influence of generalising the input parameters (land use, soil type and watershed subdivision) on the runoff calculation. To obtain input data for the model a soil study has been carried out in the watershed, focusing on soil physical properties, extent and distribution, and a 1:50,000 soil map of the watershed was produced. The input data has been generalised from the original 1:50,000 scale to 1:100,000 and 1:200,000. The simulations performed show that the degree of generalisation of the input data has an effect on the discharge hydrograph of the watershed. Working with smaller scales a delay in the hydrograph is found, as well as a reduction in the total contribution and peak discharge.

KEY WORDS: Hydrological modeling, *WMS/HEC-1*, watershed, runoff, soils, GIS (Geographic Information System).

Resumen

Información del territorio y cálculo de la escorrentía superficial mediante el modelo HEC-1. Aplicación al mapa de suelos 1:50.000 de la cuenca de Canalda (el Solsonès, Lleida)

El HEC-1 es un modelo empírico de simulación hidrológica de cuencas de amplia difusión. En la actualidad, se encuentra disponible conjuntamente con el software *WMS (Watershed Modeling System)*, que dispone de diferentes herramientas que facilitan el procesamiento de los datos del territorio. Antes de iniciar la modelización de una cuenca es necesario obtener datos del territorio para hacer una correcta parametrización del modelo. La escala de entrada (grado de generalización) de los datos influirá en los cálculos de la escorrentía superficial realizados en la simulación.

El modelo HEC-1 se ha aplicado a la cuenca de Canalda (el Solsonès) de 66 km² para conocer la influencia de generalizar los parámetros de entrada (usos y tipos de suelos y división en

subcuencas) en el cálculo de la escorrentía superficial. Para aplicar el modelo ha sido necesario hacer un reconocimiento y estudio de los suelos de la cuenca, con énfasis especial en las propiedades físicas, la distribución y extensión de los suelos, obteniendo el mapa de suelos de la cuenca a escala 1:50.000.

El proceso de generalización de los datos de entrada se ha efectuado partiendo de la escala base 1:50.000 y pasando a las escalas 1:100.000 y 1:200.000. En las simulaciones practicadas se observa que el grado de generalización de los datos de entrada tiene efecto en el hidrograma de salida de la cuenca; al pasar a escalas más pequeñas se aprecia un retardo en la punta del hidrograma y una reducción de la aportación total y del caudal punta.

PALABRAS CLAVE: Modelización hidrológica, *WMS/HEC-1*, generalización, cuenca forestal, escorrentía superficial, suelos, SIG.

Introducció

El recurs hídric és important en les àrees agrícoles i forestals localitzades en els Prepirineus tant pels efectes que pot provocar el fenomen torrencial, com per la seva quantificació en tant que recurs. Les modificacions en el territori, com poden ésser els canvis en els usos del sòl, en les tècniques de cultiu o silvícoles o en la forma dels vessants, provocaran variacions en la dinàmica hidrològica de l'àrea.

Mitjançant els models hidrològics es poden estimar cabals a partir de la situació actual i també simular els possibles efectes de les modificacions produïdes en el territori sobre la dinàmica hidrològica. Aquests models s'utilitzen de manera generalitzada per avaluar el recursos hídrics de les conques.

Per l'ús de models hidrològics és necessari conèixer les característiques del territori. Per tant, prèviament a la simulació i calibració del model per una determinada zona cal obtenir la informació suficient del territori per parametrixar-lo.

La informació del territori procedeix normalment de fonts molt diverses, ja sigui a diferents escales, obtinguda en diferents èpoques i autors, amb intensitat d'observacions variables, o bé realitzada per a objectius diferents a la modelització hidrològica. En aquests casos serà necessari realitzar una homogeneïtzació cartogràfica de la informació per treballar a una mateixa escala de detall, la qual influirà en major o menor grau en els resultats obtinguts en les simulacions (Mazion & Yen, 1994; Wood *et al.*, 1990; Zaghloul, 1981).

L'objectiu del treball que es presenta és determinar el grau d'influència de la generalització de les variables territorials (tipus de sòl, usos de sòl i relleu) en el càlcul de l'escolament superficial mitjançant el model HEC-1, en ser aplicat a la conca de Canalda, utilitzant la informació existent (geologia, vegetació) o elaborada d'acord a metodologies normalitzades de prospecció (tipus de sòls, usos del sòl).

Descripció de l'àrea

La conca de Canalda està situada al nord de la comarca del Solsonès, en una zona límit entre la conca de l'Ebre i els Prepirineus. La riera de Canalda és afluent de la Ribera Salada i aquesta és afluent del riu Segre (figura 1).

La superfície de la conca és de 6.585 ha, amb una altitud mínima de 670 m i una altitud màxima de 2.382 m. La conca presenta un pendent mitjà pròxim al 40 %, destacant que prop d'un 53 % de la superfície té un pendent superior al 35 %.

Respecte al clima, a l'estació meteorològica de Solsona, situada a 11 km de la conca de Canalda, la temperatura mitjana anual és de 12,1 °C i la precipitació anual de 697 mm. L'hivern és l'estació més seca i les pluges es presenten en les estacions de primavera i estiu o primavera i tardor (taula 1).

El gradient altitudinal que presenta la conca ni afecta el règim de pluges i temperatures, de manera que en les cotes més elevades les pluges són més abundants en totes les estacions (taula 1). Pel que fa a temperatures, només es disposa de les dades de les estacions pròximes a la cota inferior de la conca, tot i que existeix un gradient altitudinal (ICC, 1996), que es manifesta en els tipus de vegetació i de sòls que es presenten en les parts altes de la conca.

Marc geològic

La conca de Canalda és una àrea de contacte entre dues grans unitats morfoestructurals, els Prepirineus i la conca de l'Ebre. Els Prepirineus són una unitat estructuralment complexa en la qual s'involucren sediments mesozoics de poc gruix (fàcies Muschelkalk amb calcàries i fàcies Keuper amb argiles i guixos) i part del Cenozoic (Eocè amb margues, calcàries i gresos), recolzats sobre sediments paleozoics que no afloren en la conca. Les estructures dels Prepirineus estan desplaçades al sud i encavalquen la vora nord de la conca de l'Ebre, per tant el contacte entre els materials és mecànic. La part de la conca de l'Ebre que es troba dins la conca està formada per una àmplia zona de roques terciàries horitzontals o suauement plegades (bàsicament conglomerats massius poligènics de l'Eocè i l'Oligocè), formant una cubeta orientada d'est a oest (Masachs *et al.*, 1981). En la figura 2 es mostra la distribució d'aquests materials a la conca (mapa geològic de Catalunya, escala original 1:25.000; ICC, 1989).

Usos del sòl

Els usos del sòl s'han obtingut a partir de l'estudi basat en fotogrametria a escala original 1:50.000 realitzat per Ubalde *et al.* (1999).

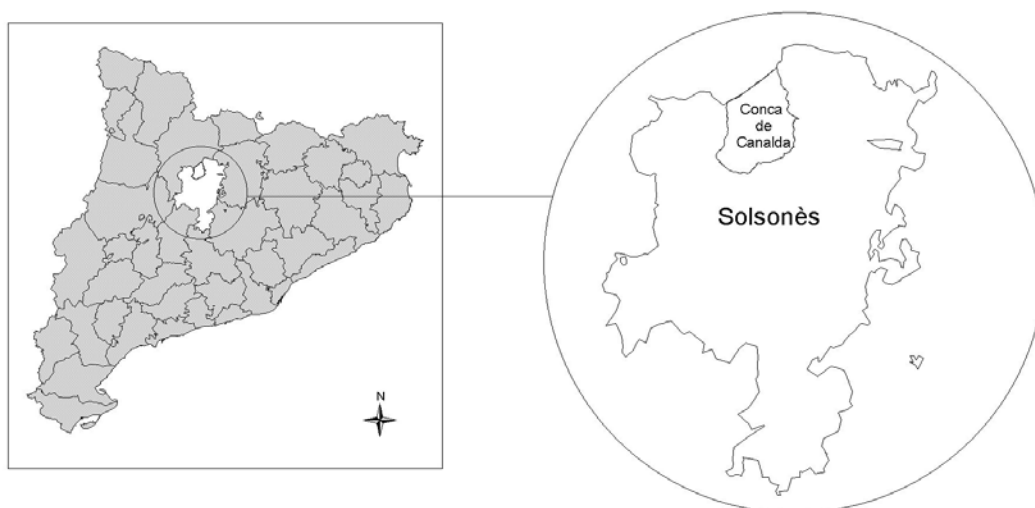


FIGURA 1. Situació geogràfica de la conca de Canalda dins Catalunya i la comarca del Solsonès.
Geographical situation of the Canalda watershed within Catalonia and the Solsonès.

En la figura 3 es mostra la distribució dels usos en la conca de Canalda, mapa a partir del qual s'ha realitzat la generalització dels usos del sòl a escales inferiors. En la taula 2 es mostren les superfícies i els percentatges de cada ús del sòl, destacant l'ús forestal (bosc de *Pinus nigra* i *P. sylvestris*, bàsicament) seguit de prats amb diferents intensitats de pressió de pasturatge.

Prospecció i estudi dels sòls

La cartografia de sòls s'ha realitzat segons la metodologia CatSIS (Boixadera *et al.*, 1989), utilitzada en les prospeccions de sòls coordinades per la Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies del DARP. La cartografia de sòls es presenta a escala semi-detallada 1:50.000 per a zones forestals com

TAULA 1. Distribució de la precipitació mitjana al llarg de les quatre estacions de l'any (mm) i precipitació mitjana anual (mm) de les estacions meteorològiques de Solsona, Oliana, Port del Comte i Busa.
Seasonal distribution of the average rainfall (mm) and average annual rainfall (mm) of Solsona, Oliana, Port del Comte and Busa meteorological stations.

Estacions meteorològiques	Altitud (m)	Precipitació				
		hivern (mm)	primavera (mm)	estiu (mm)	tardor (mm)	total anual (mm)
Solsona	690	119,4	216,8	184,3	176,2	696,7
Oliana	469	140,0	233,0	210,0	166,0	749,0
Port del Comte	1800	185,1	283,8	233,7	254,2	956,8
Busa	1200	135,8	257,8	216,8	204,4	814,8

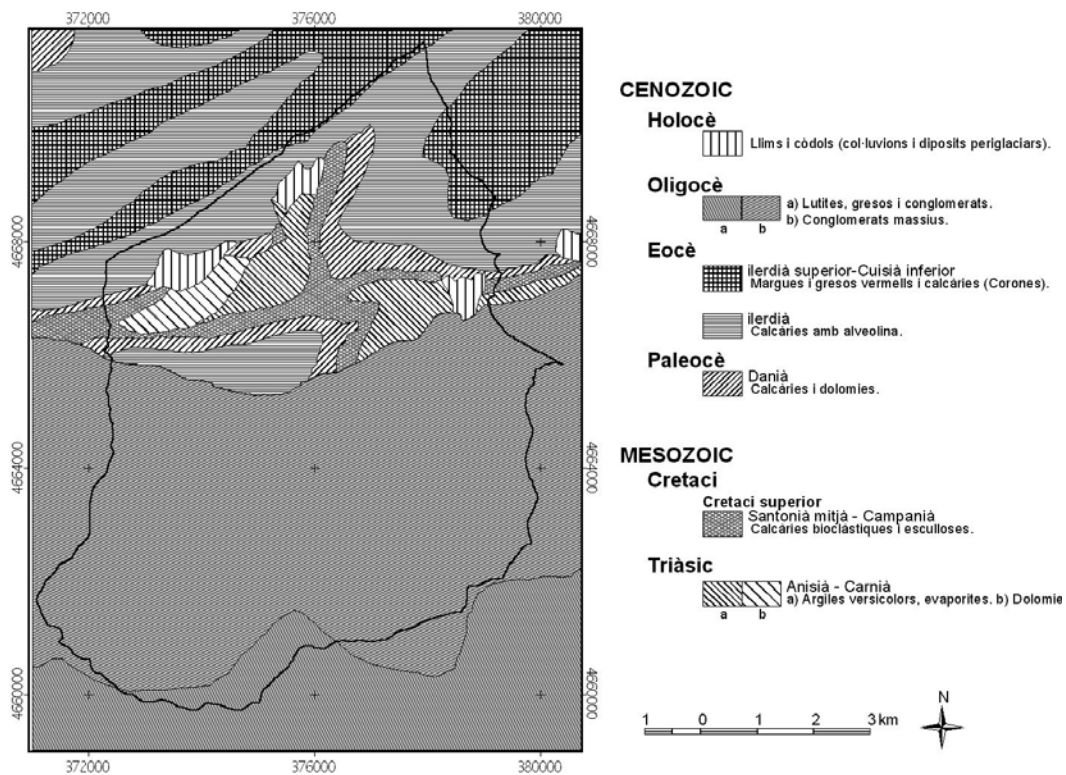


FIGURA 2. Mapa geològic de la conca de Canalda. Font: digitalitzat del mapa 1:250.000 (ICC,1989).
 Geological map of the Canalda watershed.

és la conca de Canalda, amb una intensitat de 0,5 observacions per cm^2 de mapa final, que a aquesta escala de treball suposa 2 observacions cada 100 ha. La classificació dels sòls s'ha fet fins al nivell de família (*Soil Taxonomy*: SSS, 1996; SSS, 1998).

Els sòls de la conca de Canalda s'han dividit segons dues grans zones a escala geomorfològica: la primera queda inclosa en el Prepirineu i la segona es troba en el marge de la conca de l'Ebre. Una simplificació del mapa original amb les unitats cartogràfiques definides a nivell de subgrup i una escala aproximada 1:100.000 es mostra en la figura 4.

a) Zona dels Prepirineus

En la part nord de la conca, que queda dins els Prepirineus, els materials originaris són principalment roques calcàries i localment argiles i esbaldregalls periglaciars. En la major part d'aquesta zona el règim d'humitat del sòl és údic i el règim de temperatura del sòl és frígid (SSS, 1998), a excepció dels vessants orientats al sud situats a menor altitud (1.200-1.400 m aprox.) en què el règim d'humitat del sòl és ústic i el règim de temperatura del sòl és mésic.

Les unitats cartogràfiques dels sòls que es presenten en aquesta zona, classificades a nivell de subgrup, són les següents:

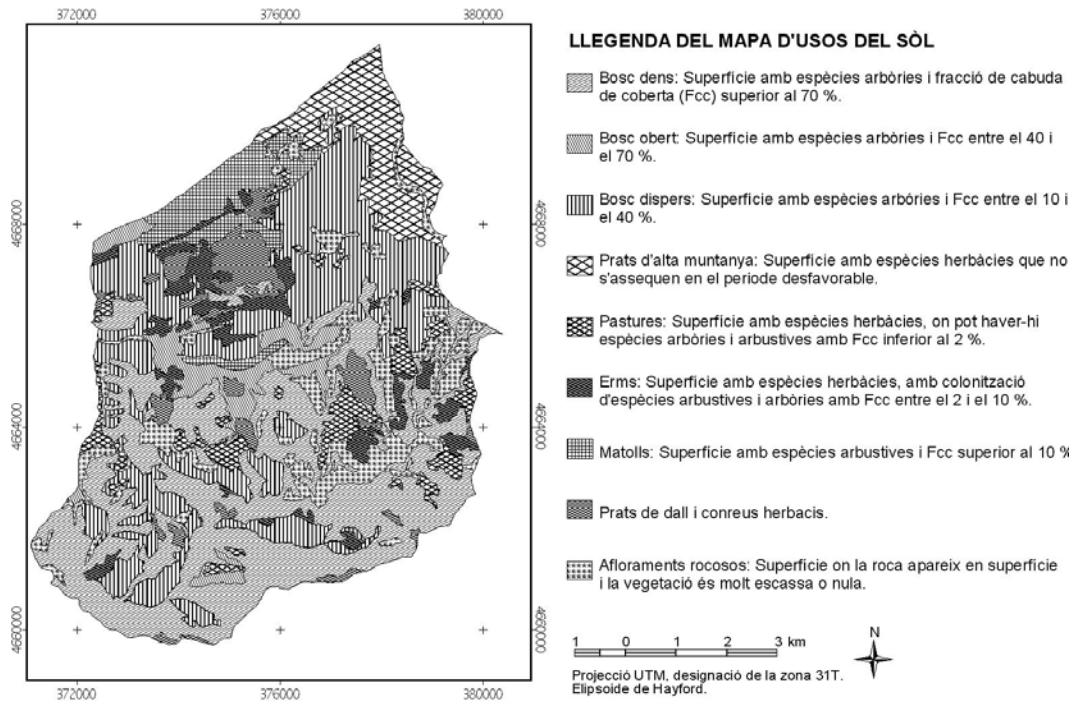


FIGURA 3. Mapa d'usos del sòl de la conca de Canalda. Escala original 1:50.000. Font: Ubalde *et al.* (1999).
Land use map of the Canalda watershed.

Inceptisòls:

Consociació d'Eutrocrept rendòl·lic:

Sòls moderadament profunds, ben drenats, amb textura de moderadament fina a mitja, amb abundants elements grollers a excepció dels sòls formats sobre col·luvions de vessant fins on els elements grollers són poc abundants i pedregositat superficial poc gravosa. Tenen reacció moderadament bàsica. Estan desenvolupats en vessants còncaus amb pendents entre 10-35 % El material subjacent està format per calcàries o col·luvions de vessant fins. L'horitzó superficial és de textura francoargilosa o argil·loarenosa, i té un gruix entre 10 i 25 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura francollimosa o argilosa, amb acu-

mulacions de carbonat càlcic en forma de nòduls (en els sòls formats sobre col·luvions de vessant fins) i ciment geopetal. Es presenta fins una profunditat d'entre 60 i 80 cm. Sota aquest horitzó apareixen calcàries o col·luvions de vessant fins molt compactes.






Consociació d'Eutrocrept típic:

Sòls moderadament profunds, ben drenats, de textura fina a moderadament fina, amb pocs elements grollers i pedregositat superficial poc gravosa. Tenen reacció lleugerament àcida. Estan desenvolupats en dolines (pendents inferiors al 5 %) i vessants rectes (pendent del 5 % al 35 %). El material subjacent són calcàries. Presenten un horitzó orgànic molt descompost, amb gruix variable segons


LLEGENDA DEL MAPA DE SÒLS

Àrea del Prepirineu:

Inceptisòls

-  Consociació d'Eutrochrept rendòlic
-  Consociació d'Eutrochrept típic
-  Consociació d'Eutrochrept lític
-  Consociació d'Ustochrept càlcic
-  Complex d'Eutrochrept lític i aflorament rocós

Alfisòls




-  Consociació d'Hapludalf ochrèptic

Entisòls


-  Consociació d'Ustorthent típic
-  Consociació d'Ustorthent lític
-  Associació d'Udorthent típic i Eutrochrept rendòlic
-  Associació d'Udorthent típic i Udorthent lític

Àrea del marge de la Conca de l'Ebre:


Inceptisòls

-  Consociació d'Ustochrept càlcic
-  Associació d'Ustochrept càlcic i Ustorthent lític
-  Complex d'Ustochrept càlcic i Ustorthent típic

Mollisòls

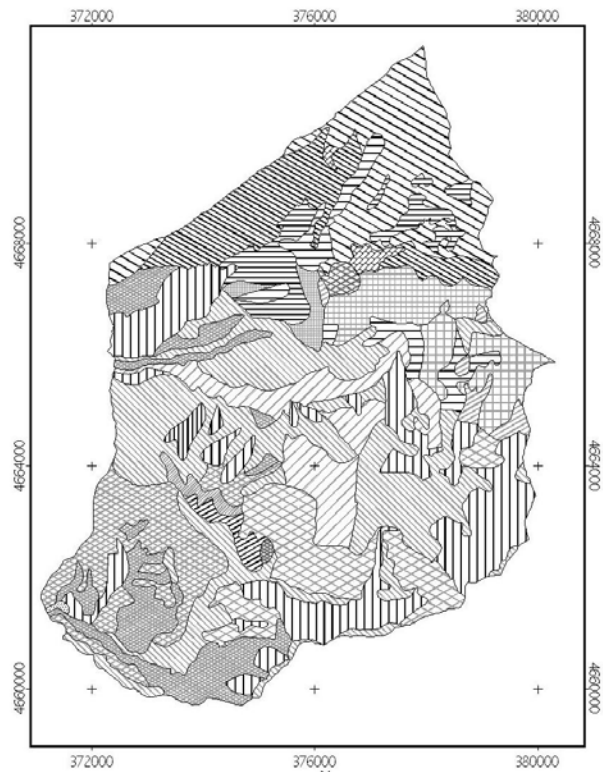
-  Consociació d'Haplustoll èntic

Alfisòls

-  Consociació d'Haplustalf típic

Entisòls

-  Consociació d'Udorthent lític
-  Consociació d'Ustorthent típic
-  Consociació d'Ustorthent lític
-  Associació d'Udorthent lític, Udorthent típic i aflorament rocós
-  Associació de Ustorthent típic, Ustorthent lític i aflorament rocós
-  Complex d'Ustorthent lític i Ustorthent típic
-  Complex d'Ustorthent típic i aflorament rocós
-  Complex d'Ustorthent lític i afloraments rocós



1 0 1 2 3 km

Projecció UTM, designació de la zona 31T.
Elipsoide de Hayford.

Àrees miscel·lànies


-  Escarpaments

FIGURA 4. Mapa de sòls de la conca de Canalda. Escala original 1:50.000, unitats cartogràfiques originals: Famílies (SSS, 1998).

Soil map of the Canalda watershed.

si l'ús de l'àrea és de prat d'alta muntanya (0,5 cm de gruix) o són àrees forestals (3 cm de gruix). L'horitzó superficial és de textura argil·lollimosa, i d'un gruix de 40 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura argil·lollimosa o argil·loarenosa. Es presenta fins una profunditat d'entre 60 i 70 cm. Sota d'aquest horitzó apareixen calcàries amb alguna esquerda.

Consociació d'Eutrocrept lític:

Sòls poc profunds, ben drenats, de textura fina, amb abundants elements grollers i pedregositat superficial de poc gravosa en les zones amb menor pendent (10 al 25 %) a molt gravosa en les zones amb més pendent (superior al 25 %). Tenen reacció lleugerament àcida i el material subjacent són calcàries. Presenten un horitzó orgànic molt descompost, amb gruix variable segons si l'ús de l'àrea és de prat d'alta muntanya (0,5 cm de gruix) o són àrees forestals (3 cm de gruix). L'horitzó superficial és de textura argil·lollimosa, i té un gruix de 20 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura argil·lollimosa, presenta abundants elements grollers i arriba fins una profunditat de 40 cm, a partir de la qual apareix un contacte lític.

Consociació d'Ustocrept càlcic:

Sòls moderadament profunds, ben drenats, amb textura moderadament fina o mitjana, elements grollers molt freqüents i pedregositat superficial gravosa. Tenen reacció bàsica. Estan desenvolupats en vessants rectes amb pendents del 10-35 %. El material subjacent està format per esbaldregalls periglaciars. Presenten un horitzó orgànic de 4 cm de gruix en les àrees d'ús forestal. L'horitzó superficial és de textura franca, francoargilosa o francollimosa, i d'un gruix entre 15 i 20 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura franco-

l·limosa, amb acumulacions de carbonats en forma de nòduls i ciment geopetal, arribant fins una profunditat de 60 cm, on l'abundància d'elements grollers limita la presència d'arrels.

Complex d'Eutrocrept lític i aflorament rocosos:

En aquesta unitat es presenten sòls semblants als de la consociació Eutrocrept lític en un 50 % de l'àrea, en la resta de superfície es presenten afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants escarpats amb pendents superiors al 45 %. El material subjacent està format per calcàries.

Alfisòls:

Consociació d'Hapludalf ocrèptic:

Sòls moderadament profunds, ben drenats, de textura moderadament fina, amb pocs elements grollers i pedregositat superficial poc gravosa. Tenen reacció lleugerament àcida. Estan desenvolupats en vessants còncaus amb pendents del 10-25 % i material subjacent format per calcàries. L'horitzó superficial és de textura argil·loarenosa i d'un gruix de 25 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura argilosa i assoleix una profunditat d'uns 60 cm.

Entisòls:

Consociació d'Ustortent típic:

Sòls de poc a moderadament profunds, ben drenats, de textura mitjana a moderadament grossa, elements grollers freqüents i pedregositat superficial molt gravosa. Tenen reacció moderadament bàsica. Estan desenvolupats en vessants rectes o convexos amb pendents del 10-35 % i material subjacent format per conglomerats massius poligènics o col·luvions

TAULA 2. Superfícies i percentatges dels usos del sòl a la conca de Canalda.
Surfaces and percentages of land uses in Canalda watershed.

<i>Ús del sòl</i>	<i>Superfície (ha)</i>	<i>% superfície en relació a la superfície total</i>
Bosc dens	2065	31,4
Bosc obert	309	4,7
Bosc dispers	1564	23,7
Matollar	352	5,3
Erm	396	6,0
Prats d'alta muntanya	454	6,9
Pastures	349	5,3
Prats de dall i camps de conreu	374	5,7
Afloraments rocosos	722	11,0
Total	6585	100,0

de vessant. Presenten un horitzó orgànic poc descompost de 3 cm de gruix. L'horitzó superficial és de textura francoarenosa o francollimosa i té un gruix de 15-25 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura francoarenosa o francollimosa i assoleix una profunditat d'entre 50 i 70 cm, a partir de la qual apareix el material subjacent.

Consociació d'Ustortent lític:

Sòls poc profunds, ben drenats, de textura mitjana, elements grollers molt freqüents i pedregositat superficial gravosa. Tenen reacció bàsica. Estan desenvolupats en vessants convexos amb pendents del 25-45 % i material subjacent format per calcàries. Presenten un horitzó orgànic poc descompost en les àrees d'ús forestal de 2 cm de gruix. L'horitzó superficial és de textura franca o francollimosa i d'un gruix de 30-40 cm, que varia segons la posició en la forma, a partir de la qual apareix un contacte lític.

Associació d'Udortent típic i Eutrocrept rendòl·lic:

Els sòls principals que es presenten són semblants als de la consociació Udortent típic en un 50 % de l'àrea i sòls semblants als de la consociació Eutrocrept rendòl·lic en un 45 % de l'àrea. En la resta de superfície es presenten afloraments rocosos o sòls de molt poc gruix (es classifiquen com Udortent lític). Es desenvolupen en vessants irregulars amb pendents del 25-45 % i material subjacent format per lutites i gresos i col·luvions de vessant fins.

Associació d'Udortent típic i Udortent lític:

Són sòls semblants als de la consociació Udortent típic en un 45 % de l'àrea, en la resta de superfície els sòls també són semblants als de la unitat esmentada però amb un contacte lític a 40 cm de profunditat. Com inclusió es presenten sòls de la consociació Eutrocrept

SISTEMES I PROCESSOS

TAULA 3. Dades dels hidrogrames de cabal de sortida de la conca de Canalda, per les tres escales de treball, i precipitacions de 47,3, 72,1 i 87,6 mm corresponents a una pluja de 6 h de durada pels períodes de retorn (T) de 2, 20 i 100 anys, respectivament, en l'estació pluviomètrica de Solsona.

Discharge hydrographs data for Canalda watershed, for the three considered scales, and a rainfall of 47,3, 72,1 and 87,6 mm, corresponding to a 6 h long rain and 2, 20 and 100 years periods of return (T), respectively, for Solsona meteorological station.

<i>T</i> (anys)	2			20			100			
	<i>Escala</i>	1:50000	1:100000	1:200000	1:50000	1:100000	1:200000	1:50000	1:100000	1:200000
Temps punta	7h 05'	7h 00'	7h 25'	6h 55'	6h 55'	7h 10'	6h 55'	6h 55'	7h 10'	
Temps base	8h 45'	8h 55'	10h 30'	8h 40'	9h 10'	11h 05'	8h 50'	9h 20'	11h 15'	
Cabal punta (m ³ ·s ⁻¹)	103,2	90,9	56,9	221,5	203,6	146,2	301,1	283,9	210,9	
Aportació (1000 m ³)	720	674	471	1738	1669	1323	2479	2441	1977	

rendòlic. Es desenvolupen en vessants convexos amb pendents del 10-35 % i material subjacent format per conglomerats, gresos o lutites.

b) Zona marge de la Conca de l'Ebre

Les parts central i meridional de la conca queden compreses en el marge de la conca de l'Ebre. Els materials originaris són principalment conglomerats amb diferents graus d'alteració, lutites i margues, i localment esbaldregalls periglaciars. La major part d'aquesta zona té un règim de humitat del sòl ústic i un règim de temperatura del sòl mésic (SSS, 1998).

Els sòls que es presenten en aquesta zona són els següents:

Inceptisòls:

Consociació d'Ustocrept càlcic:

Unitat molt semblant a la consociació d'Ustocrept càlcic descrit a la zona dels Prepirineus, amb la diferència que aquí estan desenvolupats en vessants rectes amb més

pendent (del 25-45 %) i el material subjacent està format per conglomerats poligènics i gresos.

Associació d'Ustocrept Càlcic i Ustortent lític:

Els sòls principals que es presenten són semblants als de la consociació Ustocrept càlcic en un 49 % de l'àrea i sòls semblants als de la consociació Ustortent lític en un 40 % de l'àrea, però amb una textura més fina. En la resta de superfície es presenten afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants irregulars amb pendents del 25-45 % i material subjacent format per conglomerats.

Complex d'Ustocrept càlcic i Ustortent típic:

Els sòls que es presenten són semblants als de la consociació Ustocrept càlcic, però amb abundants elements grollers en un 50 % de l'àrea; i sòls semblants als de la consociació Ustortent típic, però amb elements grollers molt abundants en un 48 % de la superfície. En la resta de superfície es presenten afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants

rectes amb pendents del 25-45 %, i tenen un material subjacent format per conglomerats.

Alfisòls:

Consociació de Haplustalf típic:

Sòls moderadament profunds, ben drenats, de textura moderadament fina, elements grollers freqüents i pedregositat superficial poc gravosa. Tenen reacció lleugerament àcida. Estan desenvolupats en vessants còncaus amb pendents del 10-25 % i material subjacent format per conglomerats. L'horitzó superficial és de textura francoargil-lollimosa i d'un gruix de 10 cm. L'horitzó subsuperficial és de textura argil-loarenosa i assoleix una profunditat d'uns 40 cm. Per sota d'aquest horitzó apareixen conglomerats massius poligènics.

Mol·lisòls:

Consociació d'Haplustoll èntic:

Sòls poc profunds, ben drenats, de textura mitjana, elements grollers abundants i pedregositat superficial nul·la. Tenen reacció neutra, desenvolupats en planes al·luvials amb pendents inferiors al 5 % i material subjacent format per conglomerats. Presenten un horitzó orgànic de 2 cm de gruix. L'horitzó superficial és de textura franca i d'un gruix de 35 cm. Per sota d'aquest horitzó apareixen graves i sota d'aquestes apareixen conglomerats massius poligènics.

Entisòls:

Consociació d'Udortent lític:

Sòls poc profunds, ben drenats, de textura mitjana, elements grollers abundants i pedregositat superficial gravosa. Tenen reacció moderadament bàsica. Estan desenvolupats en vessants convexos amb pendents del 10-25 %

i material subjacent format per conglomerats. L'horitzó superficial és de textura franca i un gruix d'uns 20 cm, a partir de la qual apareix un contacte lític.

Consociació d'Ustortent típic:

Unitat molt semblant a la consociació d'Ustortent típic descrit a la zona dels Prepirineus, amb la diferència que aquí estan desenvolupats en vessants rectes o convexos amb pendents del 10-45 %.

Consociació d'Ustortent lític:

Unitat molt semblant a la consociació d'Ustortent lític descrit a la zona dels Prepirineus, amb la diferència que estan desenvolupats sobre un material subjacent format per conglomerats massius poligènics.

Associació d'Udortent lític, Udortent típic i afloraments rocosos:

Els sòls principals són semblants als de la consociació Udorthent lític en un 50 % de l'àrea, també apareixen sòls semblants als de la consociació Udorthent típic en un 36 % de l'àrea i en un 14 % de l'àrea apareixen afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants convexos amb pendents del 25-45 % i material subjacent format per conglomerats o lutites.

Associació d'Ustortent típic, Ustortent lític i afloraments rocosos:

Els sòls principals són semblants als de la consociació Ustortent lític en un 23 % de l'àrea, també apareixen sòls semblants als de la consociació Ustortent típic en un 50 % de l'àrea i en un 25 % de l'àrea apareixen afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants convexos amb pendents del 10-55 % i material subjacent format per conglomerats.

TAULA 4. Dades dels hidrogrames de cabal de sortida de la conca de Canalda, variant el número de la corba (NC, calculat dels usos del sòl i tipus de sòl) per a cadascuna de les escales 1:50.000 i 1:100.000 i fixant la divisió en subconques i la triangulació corresponent a l'escala 1:200.000, per una precipitació de 47,3 mm corresponent a una pluja de 6 h de durada en un període de retorn de 2 anys, a l'estació de Solsona.

Discharge hydrographs data for Canalda watershed varying curve number (NC, calculated from the land use and soils coverages) at scales 1:50,000 and 1:100,000 and fixing watershed subdivision and triangulation to 1:200,000 scale, for a 47,3 mm rainfall corresponding to a 6 h long rain and a 2 year period of return (T), for Solsona meteorological station.

<i>Escala d'obtenció del NC</i>	<i>1:50.000</i>	<i>1:100.000</i>	<i>Comparació a escala 1:200.000</i>
Temps punta	7h 25'	7h 25'	7h 25'
Temps base	10h 30'	10h 30'	10h 30'
Cabal punta (m ³ ·s ⁻¹)	76,7	76,7	56,9
Aportació (1.000 m ³)	668	668	471

Complex d'Ustortent lític i Ustortent típic:

Els sòls són semblants als de la consociació Ustortent lític en un 60 % de l'àrea i als de la consociació Ustortent típic en un 25 % de la superfície. En la resta de superfície es presenten afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants convexos amb pendents del 25-45 %, i material subjacent format per conglomerats.

Complex d'Ustortent típic i afloraments rocosos:

Aquests sòls són semblants als de la consociació Ustortent típic en un 47 % de l'àrea. En la resta de superfície es presenten afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants convexos amb pendents del 35-55 %, i material subjacent format per conglomerats.

Complex d'Ustortent lític i afloraments rocosos:

Aquests sòls són semblants als de la consociació Ustortent lític en un 40 % de l'àrea i als de la consociació Ustortent típic en un 20 % de la superfície. En la resta de super-

fície es presenten afloraments rocosos. Es desenvolupen en vessants convexos amb pendents del 25-45 %, i material subjacent format per conglomerats.

Metodologia

Generalització de la cartografia

A partir de l'escala de treball 1:50.000 s'han obtingut els mapes d'usos del sòl i de tipus del sòl a escales de treball menors (1:100.000 i 1:200.000) amb l'objectiu de realitzar simulacions hidrològiques a aquestes tres escales de treball.

El procés de generalització dels mapes s'ha realitzat de forma manual, a partir dels mapes a escala 1:50.000. S'han eliminat els polígons amb superfície inferior a la mínima per la seva representació cartogràfica (0,126 cm² de mapa) a les diferents escales. L'àrea dels polígons eliminats ha estat agregada a la dels polígons contigus, i en el cas de més d'una possibilitat s'han integrat al polígon amb unes característiques més pròximes a les originals, tenint en compte un gradient regressiu pensant en la resposta hidrològica del medi. Així, en el mapa d'usos del sòl s'ha uti-

TAULA 5. Dades dels hidrogrames de cabal de sortida de la conca de Canalda, variant la triangulació de la conca a les escales 1:50.000 i 1:100.000 i fixant la divisió en subconques i el valor del número de la corba (NC, calculat dels usos del sòl i tipus de sòl) a l'escala 1:200.000, per una precipitació de 47,3 mm corresponent a una pluja de 6 h de durada en un període de retorn de 2 anys, a l'estació de Solsona.

Discharge hydrographs data for Canalda watershed varying watershed triangulation to 1:50,000 and 1:100,000 scales and fixing watershed subdivision and curve number (NC, calculated from the land use and soils coverages) to 1:200,000 scale, for a 47,3 mm rainfall corresponding to a 6 h long rain and a 2 year period of return (T), for Solsona meteorological station.

Escala de triangulació	1:50.000	1:100.000	Comparació a escala 1:200.000
Temps punta	7h 00'	7h 00'	7h 25'
Temps base	6h 45'	8h 25'	10h 30'
Cabal punta (m ³ ·s ⁻¹)	78,7	70,8	56,9
Aportació (1.000 m ³)	470	471	471

litzat el gradient regressiu descrit per Ubalde *et al.* (1999). En el mapa de sòls els polígons eliminats s'han integrat als polígons adjacents classificats en un grup hidrològic més desfavorable en els casos possibles, on la infiltració serà menor i es produirà major escolament superficial.

La xarxa irregular de triangles (*Triangulate Irregular Network*, TIN) de la conca, obtinguda amb l'aplicació informàtica, és la base per al càlcul dels paràmetres relacionats amb la topografia de la zona i a partir de la qual el model ha obtingut les dades de superfície, pendent i longituds necessaris en la simulació. A partir de la TIN també s'ha fet la ponderació del número de corba (NC) per cada subconca (SCS, 1972). Amb la combinació de les cobertures de tipus de sòl i usos del sòl s'ha assignat a cada triangle un valor de NC.

La distància entre els vèrtexs dels triangles influirà en el valor obtingut en el càlcul d'aquests paràmetres, de manera que a escales de treball grans aquesta distància serà petita i per escales menors aquesta distància serà més petita. La distància entre els vèrtexs dels triangles escollida per realitzar les simulacions a les diferents escales són les següents: 50 m a escala 1:50.000, 100 a escala 1:100.000 i 200 a escala 1:200.000.

Modelització hidrològica

Per a l'elecció del model utilitzat en la simulació hidrològica, s'han tingut en compte els següents aspectes:

- Reconeixement i validació del model.
- Facilitat de parametrització del model.

El model utilitzat ha estat l'HEC-1 (Hydrologic Engineering Center, 1990) elaborat per l'Armada dels Estats Units a Davis (California). Es classifica com un model matemàtic de tipus empíric i global. Actualment està disponible dintre de l'aplicació informàtica WMS (*Watershed Modeling System*) de BOSS International (BYU, 1996). Aquesta aplicació informàtica disposa de diferents mòduls que faciliten la parametrizació del model hidrològic. Els mòduls disponibles són:

Mòdul DEM:

Utilitzat per visualitzar models digitals d'elevacions (MDE), que seran la font base d'elevacions per la creació posterior de la TIN. El MDE es va crear amb Arc-Info, amb quadrícula (píxel) de 50 m de costat, a partir de les corbes de nivell amb una equidistància

TAULA 6. Dades del temps de retard (h) i superfície (km²) de les subconques per la simulació realitzada variant la triangulació de la conca per a cadascuna de les escales 1:50.000 i 1:100.000 i fixant la divisió en subconques i el valor del número de la corba corresponent a l'escala 1:200.000.

Lag time (h) and watershed subdivision surface (km²) data for watershed triangulation to 1:50,000 and 1:100,000 scales, fixing watershed subdivision and curve number value to 1:200,000 scale.

<i>Escala</i>	<i>1:50.000</i>		<i>1:100.000</i>		<i>1:200.000</i>	
Subconca	Temps retard (h)	Superfície (km ²)	Temps retard (h)	Superfície (km ²)	Temps retard (h)	Superfície (km ²)
1	0,601	23,5	0,573	23,6	1,089	23,7
2	0,626	31,3	1,016	31,5	1,462	31,4
3	0,921	10,7	0,692	10,8	0,917	10,8

de 20 m (mapa 1:50.000 en format digital de l'Institut Cartogràfic de Catalunya). Per a l'obtenció dels vèrtexs dels triangles l'aplicació fa el càlcul de la cota d'altitud a partir dels vuit píxels que envolten el píxel coincident amb el vèrtex.

Mòdul TIN:

Aquest mòdul s'utilitza per a la modelització del terreny i la delimitació automàtica de les conques. A partir del TIN el model calcula diferents paràmetres com són les dades de superfície, el pendent, les longituds dels cursos dels rius o canals i tots els paràmetres geomètrics de la conca necessaris per a la modelització. El TIN s'obté a partir de la xarxa de drenatge i el MDE. Per a la delimitació de les subconques es defineixen els punts de sortida d'aigües de cadascuna.

Mòdul MAP:

Aquest mòdul s'utilitza per definir la xarxa de drenatge, els límits de l'àrea d'estudi, i les característiques del territori necessàries per fer funcionar el model (usos del sòl i tipus de sòl). Les dades d'usos del sòl i tipus de sòls de la conca estudiada estan disponibles en forma de cobertures d'Arc-Info i són transformades

al format *shape*, que l'aplicació WMS reconeix.

El model HEC-1

El model HEC-1 (HEC, 1990) és un model de tipus global dissenyat per simular l'escolament superficial que resulta d'una precipitació, mitjançant la representació de la conca com un sistema de components connectats, en el que cada component simula un aspecte del procés pluja-escolament dintre d'una subconca. El resultat final del procés de simulació hidrològica són els hidrogrames de cabal.

Els components del model són funcions basades en relacions matemàtiques simples que intenten representar individualment els processos físics (meteorològics, hidrològics i hidràulics) que comprenen la conversió de pluja en escolament. Cada component és representat per un conjunt de paràmetres que especifiquen les seves característiques particulars.

L'entrada de les dades és un hietograma de precipitació. La precipitació especificada s'assumeix com a homogènia en tota la conca. L'entrada de les dades de precipitació s'ha fet amb pluges de disseny de 0,5 h i 6 h de durada total, extretes a partir de les precipitaci-

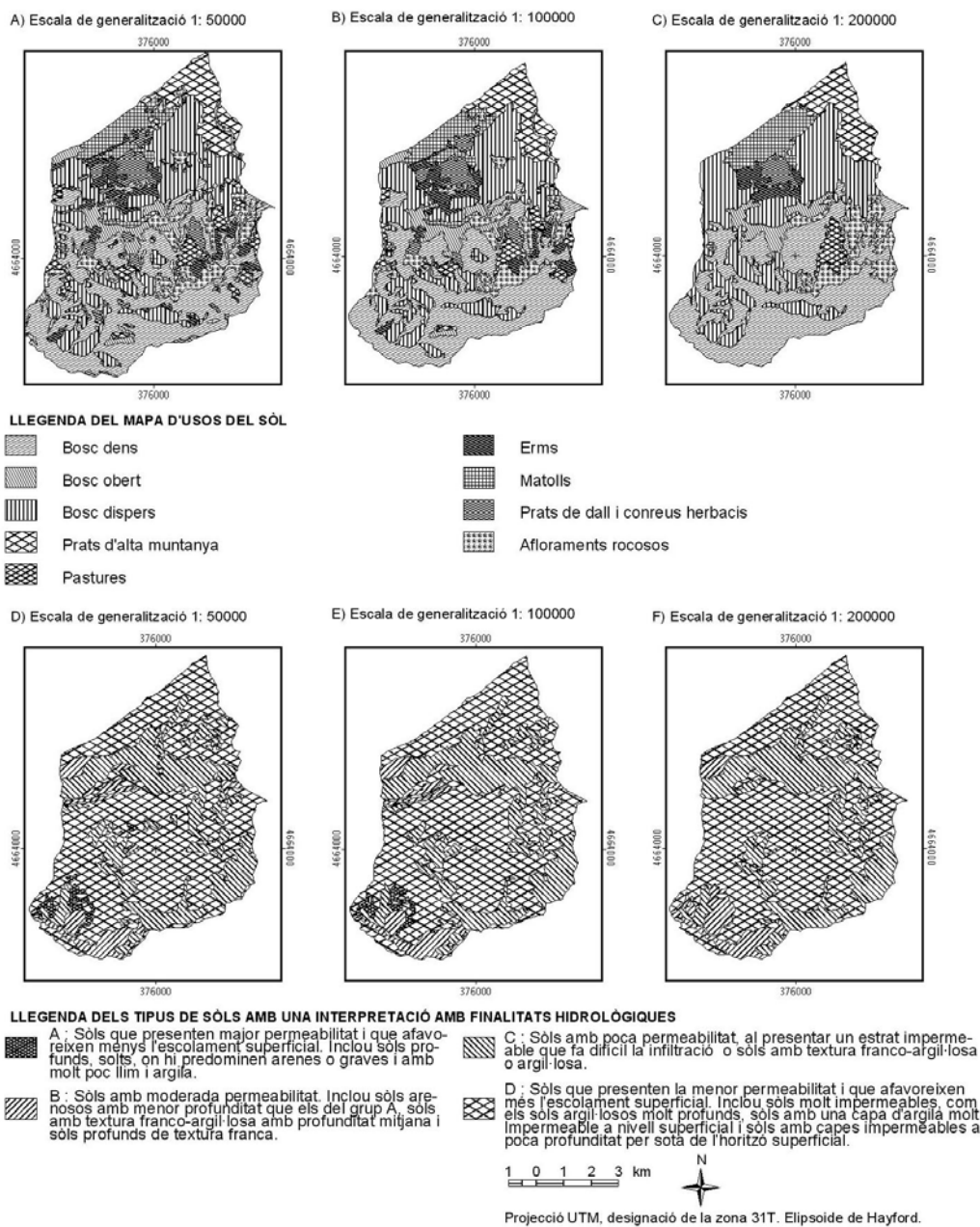


FIGURA 5. Generalització cartogràfica dels mapes d'usos del sòl (mapes A, B, C) i de tipus de sòl interpretat amb finalitats hidrològiques (mapes D, E, F) de la conca de Canalda, a diferents escales de representació cartogràfica (mapes A i D a escala 1:50.000; mapes B i E a escala 1:100.000; mapes C i F a escala 1:200.000).

Cartographic generalization of land use (maps A, B, C,) and soils maps interpreted with hydrological purposes (maps D, E, F) of Canalda Watershed, at different cartographic representation scales (maps A and D at 1:50.000 scale; maps B and E at 1:100.000 scale; maps C and F at 1: 200.000 scale).

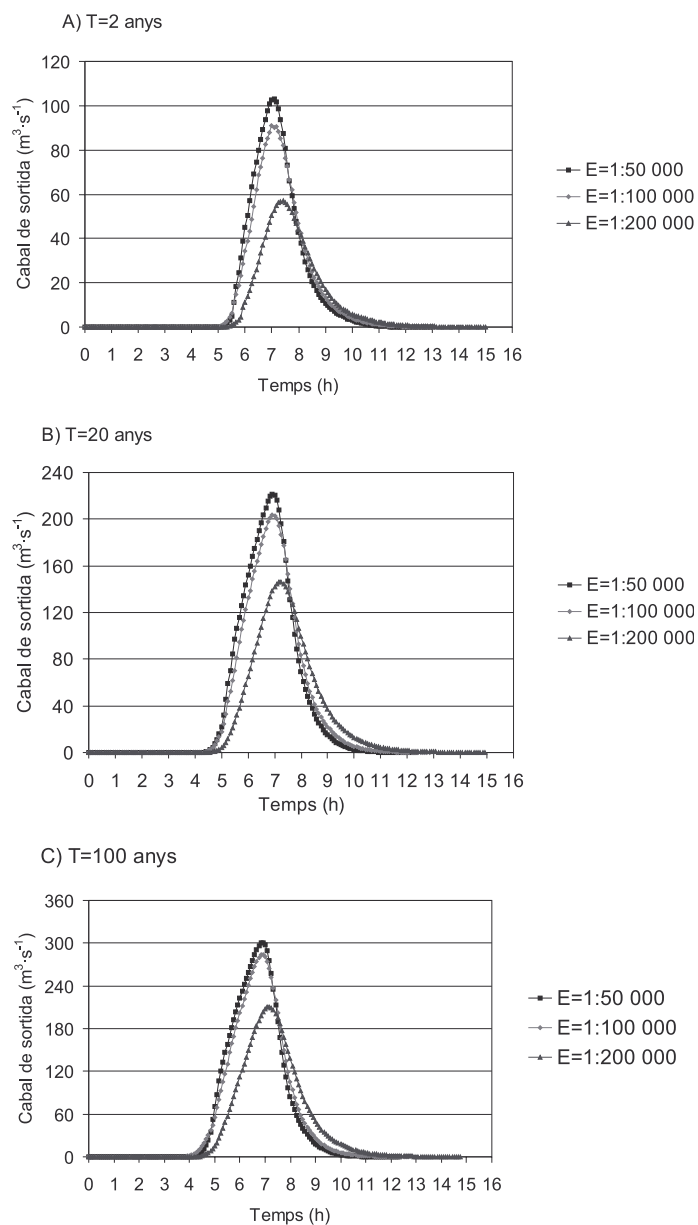


FIGURA 6. Hidrogrames de cabal de sortida de la conca de Canalda, obtinguts a les tres escales de treball, per precipitacions de: a) 47,3 mm (T = 2 anys), b) 72,1 mm (T = 20 anys) i c) 87,6 mm (T = 100 anys), amb una durada de 6 h, en l'estació meteorològica de Solsona.

Discharge hydrographs for Canalda Watershed, at the three considered scales, for a rainfall of a) 47,3 mm (T = 2 years), b) 72,1 mm (T = 20 years) and c) 87,6 mm (T = 100 years), corresponding to a 6 h long rain for Solsona meteorological station.

ons màximes en 24 h, de l'estació meteorològica de Solsona, per a períodes de retorn de 2, 20 i 100 anys.

La precipitació efectiva en el model HEC-1 es calcula a partir d'una funció d'infiltració/intercepció, en què s'utilitza el mètode del número de corba del *Soil Conservation Service (SCS, 1972)*.

L'hidrograma unitari és la tècnica utilitzada en el component d'escolament superficial de les subconques per transformar l'excés de pluja o pluja efectiva en flux de sortida de la subconca. L'hidrograma unitari es calcula de manera sintètica mitjançant l'hidrograma adimensional del *SCS*.

El component de trànsit de cabals és utilitzat per representar el moviment d'ona de crescuda al llarg dels rius. L'entrada en aquest component és l'hidrograma obtingut aigües amunt, que resulta de les contribucions individuals o combinades de l'escolament de les subconques i el trànsit de cabals. El mètode utilitzat és el de Muskingum-Cunge.

Simulacions realitzades

S'han dut a terme 13 simulacions amb diferents pluges de partida i informació base presentada a diferents escales:

1. Període de retorn de 2 anys:
 - a) Escala 1:50.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.
 - b) Escala 1:100.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.
 - c) Escala 1:200.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.
2. Període de retorn de 20 anys:
 - a) Escala 1:50.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.
 - b) Escala 1:100.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.

c) Escala 1:200.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.

3. Període de retorn de 100 anys:

- a) Escala 1:50.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.
- b) Escala 1:100.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.
- c) Escala 1:200.000 dels usos del sòl, tipus de sòls i divisió en subconques.

Per conèixer l'efecte de la triangulació de la conca i del valor del número de la corba (calculat a partir dels mapes d'usos del sòl i tipus de sòls) sobre l'hidrograma de flux de sortida d'aigües de la conca s'han realitzat les simulacions següents (només per al període de retorn de 2 anys i per a la divisió en subconques a escala 1:200.000):

4. Valor del número de la corba (usos del sòl i tipus de sòls) fixat a escala 1:200.000:
 - a) Escala 1:50.000 de la triangulació.
 - b) Escala 1:100.000 de la triangulació.
 - c) Escala 1:200.000 de la triangulació (igual a la simulació 1-c).

5. Triangulació fixada a escala 1:200.000:

- a) Escala 1:50.000 del valor del número de la corba.
- b) Escala 1:100.000 del valor del número de la corba.
- c) Escala 1:200.000 del valor del número de la corba (igual a la simulació 1-c).

Resultats

Generalització de la cartografia

El mapa de sòls obtingut inicialment segons la metodologia CatSIS i a una escala semidetallada a nivell de família a estat de

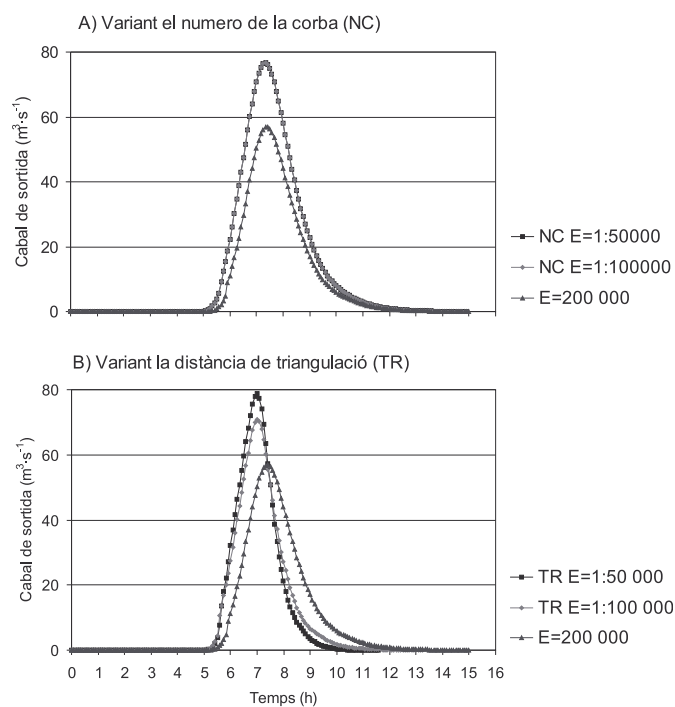


FIGURA 7. Hidrogrames de cabal de sortida de la conca de Canalda, per una precipitació de 47,3 mm corresponent a una pluja de 6 h de durada per un període de retorn de 2 anys, a l'estació de Solsona: a) variant el número de la corba (NC, calculat dels usos del sòl i tipus de sòl) a les escales 1:50.000 i 1:100.000 i fixant la divisió en subconques i la triangulació a l'escala 1:200.000; b) variant la triangulació de la conca (TR) a les escales 1:50.000 i 1:100.000 i fixant la divisió en subconques i el valor del número de la corba (NC), calculat dels usos del sòl i tipus de sòl a l'escala 1:200.000.

Discharge hydrographs for Canalda Watershed for a 47,3 mm rainfall corresponding to a 6 h long rain and a 2 year period of return (T) for Solsona meteorological station: a) varying curve number (NC, calculated from the land use and soils coverages) to 1:50.000 and 1:100.000 scales and fixing watershed subdivision and triangulation to 1:200.000 scale; b) varying watershed triangulation (TR) to 1:50.000 and 1:100.000 scales and fixing watershed subdivision and curve number (NC), calculated from the land use and soils coverages to 1:200.000 scale.

gran utilitat, al disposar d'informació suficient per classificar cada una de les unitats cartogràfiques segons la classificació del *SCS*, que és la que utilitza el model *HEC-1* per a càlcul del número de corba.

En la generalització del mapa d'usos del sòl i de tipus de sòls es produeixen canvis en els polígons amb menor superfície, integrant aquests polígons als adjacents amb característiques semblants. En el pas a l'escala 1:100.000 s'han eliminat 76 polígons i en

el pas a l'escala 1:200.000 s'han eliminat 126 polígons en el mapa d'usos de sòl (figura 5, mapes A, B i C). En la generalització del mapa de sòls en el pas a l'escala 1:100.000 s'han eliminat 13 polígons i en el pas a l'escala 1:200.000 s'han eliminat 28 polígons (figura 5, mapes D, E i F).

La generalització dels mapes d'usos del sòl i de tipus de sòl, per tant, produirà canvis en els resultats obtinguts en aplicar el model *HEC-1* a aquesta conca, ja que una part de la

parametrització del model es fa a partir d'aquestes cobertures.

Simulacions hidrològiques

Els resultats obtinguts en les simulacions hidrològiques realitzades per a la conca de Canalda són hidrogrames de cabal de sortida per pluges de disseny de 6 h de durada i períodes de retorn (T) de 2 anys (47,3 mm), 20 anys (72,1 mm) i 100 anys (87,6 mm), obtingudes a partir de l'estació meteorològica de Solsona.

En la taula 3 i en la figura 6 es mostren els resultats obtinguts per les diferents simulacions realitzades.

Els efectes de la generalització de les variables territorials sobre l'hidrograma a la sortida de la conca són:

1. Reducció dels cabals (cabal punta i aportació).
2. Retard en l'hidrograma de sortida.

Comparant els hidrogrames obtinguts a l'escala 1:100.000 (vegeu la figura 6 i la taula 3) amb les obtingudes a l'escala 1:50.000, el cabal punta es redueix un 12 % (T = 2 anys), 8,1 % (T = 20 anys) i 1,5 % (T = 100 anys). En passar a l'escala 1:200.000 aquestes variacions són més àmplies: el cabal punta és reduït un 44,8 % (T = 2 anys), 34 % (T = 20 anys) i 30 % (T = 100 anys). Les diferències entre les aportacions obtingudes a l'escala 1:200.000 respecte a les que s'obtenen a l'escala base són elevades; aquestes diferències es donen en els percentatges següents: 34,5 % (T = 2 anys), 23,9 % (T = 20 anys) i 20,2 % (T = 100 anys). Si es comparen els valors de les aportacions obtingudes a l'escala base amb els obtinguts a l'escala 1:100.000 les reduccions que es donen són: 6,3 % (T = 2 anys), 4 % (T = 20 anys) i 1,5 % (T = 100 anys), que són molt inferiors a les anteriors.

El temps punta a l'escala 1:100.000 és semblant al de l'escala base (1:50.000), en canvi a l'escala 1:200.000 es produeix un retard de 25, 15 i 15 minuts pels períodes de retorn de 2, 20 i 100 anys, respectivament.

El procés de generalització a escales de treball més petites fa que el temps base de l'hidrograma obtingut a la sortida de la conca augmenti per a les escales de treball més petites. Això fa que el cabal total quedi més distribuït en el temps i es doni una reducció en el cabal punta. En la part de descens de l'hidrograma el retard és més gran amb la generalització i aquest efecte es reflecteix en l'increment que es dona en el temps base en passar a escales menors. El temps base s'incrementa en 10 minuts (T = 2 anys), 30 minuts (T = 20 anys) i 40 minuts (T = 100 anys) en passar de l'escala base a l'escala 1:100.000 i en 1 h 45 minuts (T = 2 anys), 2 h 25 minuts (T = 20 anys) i 2 h 25 minuts (T = 100 anys) en passar de l'escala base a l'escala 1:200.000.

Reducció de cabals:

La generalització dels usos i tipus de sòls té un efecte en la simulació de reducció dels cabals en l'hidrograma de sortida en reduir l'escala de treball. En la generalització d'aquestes cobertures es produeix una modificació del valor del número de corba (NC) a cadascuna de les escales: el valor de NC que s'han obtingut són de 78 a escala 1:50.000, de 77 a escala 1:100.000 i de 73 a escala 1:200.000.

En la taula 4 i la figura 7a es mostren els resultats de les simulacions realitzades fixant la distància de triangulació i la divisió en subconques a escala 1:200.000 i fent variar l'escala d'usos i tipus de sòls. En aquestes dades es veu que en el pas de l'escala 1:50.000 a l'1:100.000 l'hidrograma resultant és igual i això indica que les dades d'usos i tipus de sòls d'aquestes dues escales de gene-

ralització són molt semblants. En canvi, en passar els usos i tipus de sòls a l'escala 1:200.000 hi ha una modificació de l'hidrograma, produint-se una reducció del 29 % en l'aportació. Aquesta reducció és deguda únicament a la generalització dels usos i tipus de sòls ja que la resta de paràmetres estan fixats. Això es dona perquè les àrees mínimes representatives (de 0,126 cm² de mapa final) són de major superfície a mesura que es redueix l'escala (3,14 ha a escala 1:50.000, 12,6 ha a 1:100.000 i 50,4 ha a 1:20.000). Per contra, en el pas de 1:50.000 a 1:100.000 els canvis són petits (en els usos i tipus de sòls) i modifiquen molt poc el valor del número de corba,¹ mentre que en passar a l'escala 1:200.000 aquests canvis afecten una superfície més gran (les àrees mínimes són 16 cops més grans que a escala 1:50.000).

A l'apartat de metodologia s'ha dit que l'agregació de polígons s'ha fet tenint en compte un gradient regressiu –tenint en compte aquest criteri la generalització de les cobertures base ha de donar una major aportació de cabal– i l'efecte és justament el contrari –en el pas a escales major l'aportació de cabal disminueix–. Això es degut a les característiques de la conca pel que fa als usos del sòl i l'ús principal és forestal o de prats i són usos bastant continus, i al fer la generalització d'aquesta cobertura aquest són els usos on més polígons no representables hi són agregats.

En el cas de la cobertura de tipus de sòl la generalització es dona agregant la major part de polígons a àrees amb un tipus de sòl que afavoreix l'escolament superficial, però els canvis que es donen en aquesta cobertura tenen menor efecte que els produïts pels canvis dels usos del sòl.

La distància de triangulació no té un efecte directe sobre l'aportació a la sortida de la

conca, però sí que modifica els cabals punta en canviar el temps de càlcul (temps de retard²). A la taula 5 es mostren els resultats de les simulacions realitzades fixant la divisió en subconques i la generalització dels usos i tipus de sòls a l'escala 1:200.000 i fent variar la distància de triangulació, en la que es modifica el valor del temps de retard. Per contra, en aquestes dades veiem que l'aportació per les tres escales de triangulació és pràcticament igual, ja que tan sols hi ha una reducció a l'escala 1:50.000 d'un 0,3 %.

L'agregació de subconques produeix una reducció de l'aportació. Comparant les dades d'aportació a l'escala 1:50.000 de la taula 3, que és de 720.000 m³, i de la taula 4, que és de 664.000 m³ (per l'escala 1:50.000 només varia la divisió en subconques, a part de la distància de triangulació que com hem vist no modifica l'aportació), es veu que la reducció és d'un 7,2 %. L'escala dels usos i tipus de sòls en aquestes simulacions és la mateixa i la divisió de les subconques és a escala 1:50.000 i 1:200.000, respectivament.

L'efecte de la generalització de la divisió en subconques i dels usos i tipus de sòl es dona en el mateix sentit, reduint l'escolament en disminuir l'escala de generalització.

Retard en l'hidrograma a la sortida:

Malgrat que no s'han realitzat simulacions variant només la divisió en subconques, a la taula 3 es veu que l'agregació de subconques produeix un avançament de les puntes dels hidrogrames de sortida simulats, en reduir el nombre de cursos per on transita el cabal.

La distància de triangulació de la conca afecta les dades que el programari calcula a partir d'aquesta, com són distàncies de flux, pendents o longituds que s'utilitzen en el càlcul

¹ L'efecte del canvi en els usos o tipus de sòls en l'hidrograma dependrà de la sensibilitat del mètode de càlcul, que en aquest cas és el número de corba.

² És el temps entre el centre del pic de la precipitació efectiva i el pic de l'hidrograma.

del temps de retard. En reduir l'escala de generalització la distància de triangulació serà més gran, de manera que es produeix un canvi en el valor d'aquestes dades calculades per l'aplicació informàtica WMS, que modifica el valor obtingut del temps de retard. Aquest retard en la concentració de cabals és la causa de que a escales més petites el temps base augmenti. Amb el pas a escales més petites en general augmenta el temps de retard i produeix un retard de l'hidrograma de sortida (veure la taula 6). En la figura 7b i la taula 5 es mostren els resultats de les simulacions realitzades fixant la divisió en subconques i la generalització dels usos i tipus de sòls a l'escala 1:200.000 i fent variar la distància de triangulació.

Tot i que els efectes d'aquests dos factors es contraresten, en comparar els valors del temps base de les simulacions mostrades en la taula 3, on es dona un retard de tots els hidrogrames al reduir l'escala de generalització, es dedueix que l'avanç de l'hidrograma ocasionat per l'agregació de les subconques no compensa el retard produït per les diferents distàncies de triangulació.

Conclusions

- El mapa de sòls a escala 1:50.000 obtingut amb la metodologia convencional serveix com a informació base per aplicar el model HEC-1 a la conca de Canalda. Tanmateix, l'obtenció de dades de la permeabilitat dels sòls facilitaria la interpretació hidrològica d'aquest.
- El grau de generalització dels paràmetres d'entrada en el model HEC-1 té influència en els càlculs de l'escolament superficial, produint una reducció del cabal punta, una reducció de l'aportació total i un retard en l'hidrograma a la sortida de la conca en disminuir l'escala.
- La generalització dels usos i tipus de sòl

només té influència significativa en el càlcul de l'escolament superficial amb el model HEC-1 quan el canvi d'escala és gran, com pot ésser el pas d'escala 1:50.000 a 1:200.000.

- La generalització de la triangulació realitzada amb el *software* WMS produeix una modificació en els temps de sortida dels cabals de l'hidrograma i influeix molt poc o de forma nul·la en els càlculs de l'aportació a la sortida de la conca.
- L'elecció d'una escala de treball preferible a les altres no es pot fer fins que no es disposi d'un registre de dades de crescudes i precipitacions en la conca amb les quals contrastar les dades de simulació.
- L'associació de models hidrològics a una aplicació informàtica del tipus WMS, que funcionen com a senzills sistemes d'informació geogràfica, faciliten l'entrada i l'obtenció de les dades necessàries per la simulació hidrològica.

Agraïments

Treball realitzat en el marc del Programa de Formació d'Investigadors en «Dinàmica Hidrològica i Maneig de Conques Forestals en Àrees de Muntanya Mediterrànea», dins el programa operatiu 940503 ES5-Eix Prioritari de Recursos Humans-F.4. del Fons Social Europeu (Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Solsona).

Bibliografia

- BYU 1996. *Watershed Modeling System v4.1. User's manual*. Engineering Computer Graphics Laboratory, Brigham Young University.
- BOIXADERA, J.; PORTA, J. & DANÈS, R. 1989. CatSIS: Sistema de informació de suelos de Cataluña. A *Comunicaciones a la XVI reunió de SECS*. Lleida.
- HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER 1990. *Flood hydrograph package, user's manual*. Hydro-

- logic Engineering Center, US Army Corps of Engineers, Davis.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA 1989. *Mapa geològic de Catalunya 1:250.000*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA 1996. *Atles Climàtic de Catalunya*. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- MASACHS, V.; GÓMEZ, A.; MATA, J. M. & col·laboradors. 1981. *Itineraris geològics*. Centre d'Estudis Geològics «Valentí Masachs». Escola Universitària Politècnica de Manresa, UPC, Manresa.
- MAZION, E. & YEN, B. C. 1994. Computational discretization effect on rainfall-runoff simulation. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 120(5): 715-734.
- SOIL CONSERVATION SERVICE 1972. *National engineering handbook*. Section 4, USDA, Washington D.C.
- SOIL SURVEY STAFF 1996. *Keys to soil taxonomy*. 7a ed., USDA, Washington D.C.
- SOIL SURVEY STAFF 1998. *Keys to soil taxonomy*. 8a ed., USDA, Washington D.C.
- UBALDE, J. M.; RIUS J. & POCH R. M. 1999. Monitorización de los cambios de uso del suelo en la cabecera de la cuenca de la Ribera Salada mediante fotografía aérea y S.I.G. (el Solsonés, Lleida, España). *Pirineos*, 153-154: 101-122.
- WOOD, E. F.; SIVAPALAN, M. & BEVEN, K. 1990. Similarity and scale in catchment storm response. *Rev. of Geophysics*, 28(1): 1-28.
- ZAGHLOUL, N. A. 1981. SWMN model and level of discretization. *Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, 107(11): 1536-1545.