
FONAMENTS HIDROGEOLÒGICS DE LES RIERES DEL MARESME

Josep Gutiérrez Camarós

Llicenciat en Geologia

josepguti@eresmas.com

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

1. RESUM DE LA PONÈNCIA

La literatura diu que avinguda, rierada, torrentada, com se li vulgui dir, quan una determinada secció d'un curs fluvial rep una quantitat d'aports líquids que superen la seva capacitat d'emmagatzematge, desguàs i infiltració. Aquesta capacitat depèn, en el cas del Maresme, de variables fisiogràfiques i geològiques i de variables climàtiques.

Els condicionants topogràfics, especialment el pendent, la longitud i l'orientació dels vessants condicionen al seu temps la vegetació, així com el grau i alteració del sòl. Aquests dos elements són bàsics a l'hora de determinar el coeficient d'escolament. Factor que, juntament amb la intensitat màxima de pluja, determinen els cabals punta esperats per a diferents períodes de retorn. En aquesta xerrada parlarem què signifiquen aquests paràmetres, com es calculen i per a què serveixen en el nostre cas.

La distribució dels torrents i rieres en la comarca no és casual, sinó que és conseqüència de la geologia de la zona. És per aquest motiu que la distribució dels cursos és perpendicular a la costa i només en les grans rieres (Argentona i Sant Pol), aquesta norma es trenca. Pel dit anteriorment, la majoria de les conques són allargassades, amb forts pendents, la qual cosa dona lloc a torrentades violentes i molt ràpides (amb períodes de concentració molt petits), que, en cas de forta precipitació en capçalera, esdevenen catastròfiques en les zones baixes per la gran quantitat d'aigua que en poc temps es desguassa.

El Maresme es troba enclavat en la costa central catalana, amb clima marcadament mediterrani, el qual es caracteritza per un estiu i un hivern moderats i secs i per unes estacions de transició, la primavera i la tardor, cada vegada menys definides en quant a la temperatura, però no així en quan al règim pluviomètric. Així, la major part de les pluges que esdevenen torrencials es concentren en la primavera i, sobretot, en la tardor. L'estudi de la distribució de pluges enregistrades en els observatoris del Maresme des de l'inici dels registres fins l'any 1.990 determina que el 50 % de les pluges amb intensitat superiors als 50 mm es produeixen en el lapse comprès entre el 15 d'agost i el 31 d'octubre. La intensitat de la pluja és, juntament amb el coeficient d'escolament, l'altre factor determinant de la formació de rierades. En donarem també alguns conceptes bàsics com determinar-la.

Com a conclusió curiosa final, derivada del treball que jo mateix vaig realitzar a principis dels anys 90, veurem com, malgrat la urbanització d'algunes de les conques durant les darreres dècades, que ha influït en el coeficient d'escolament, aquesta no és només la causa de l'augment dels cabals torrencials, sinó que l'augment de la intensitat, derivada segurament del canvi climàtic, ha tingut també influència. En el cas de la riera d'Arenys, el coeficient ha disminuït (per la substitució de la vinya per pins), però el cabal punta ha augmentat considerablement a causa de l'augment de la pluviometria.

2. CARACTERISTIQUES PLUVIOMÈTRIQUES DEL MARESME

2.1. Distribució de pluges a la comarca

La distribució de pluges al Maresmes és estacional, amb un màxim absolut a la tardor i un de secundari a la primavera, mentre que el mínim es dona a l'estiu (figura 1.a.). Parlant en termes globals, el mòdul pluviomètric augmenta de S a N i d'E a W (figura 1.b.).

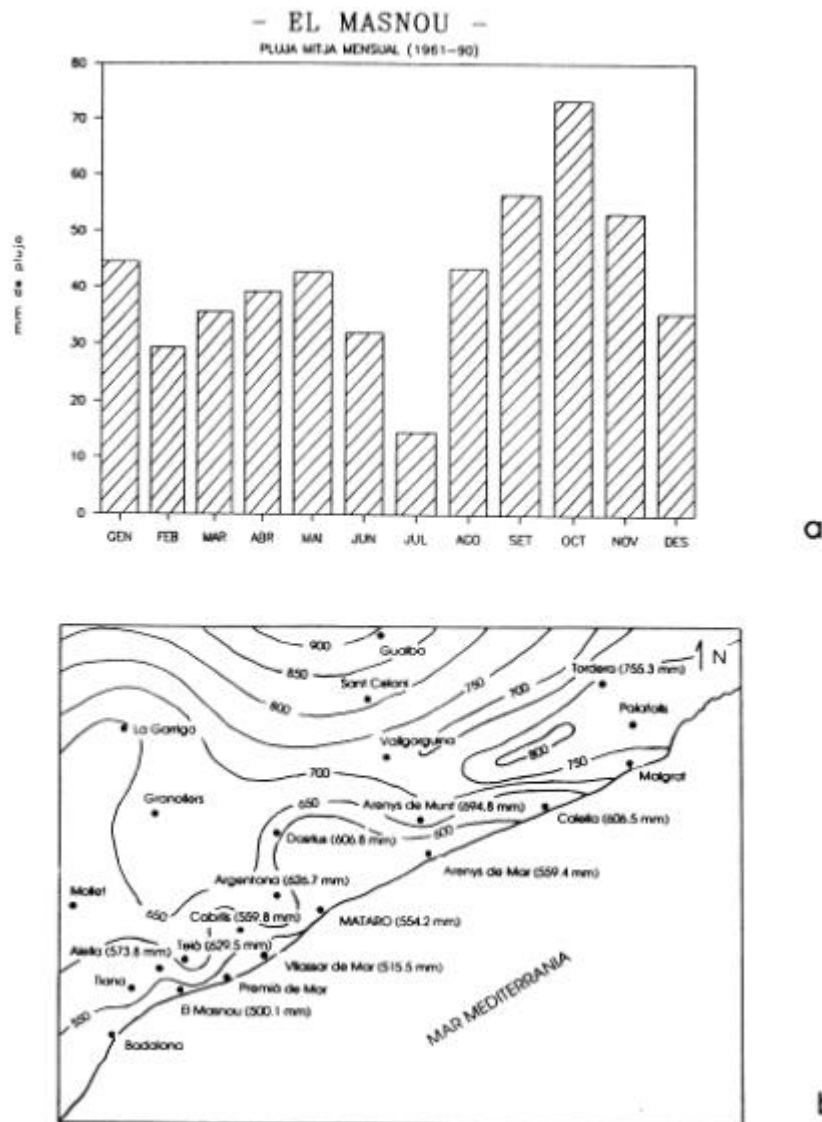


Figura 1. a) Distribució mitja de pluges per mesos en l'estació del Masnou en el període 1.961-90; b) Mapa d'isohietes del Maresme (modificat de **Villarroya** (1.986)).

2.2. Origen de les pluges torrencials

Cal distingir tres tipus de situacions causants d'inundacions en el Maresme: **les tempestes d'origen frontal, les tempestes estiuenques i les llevantades**. A continuació, detallarem breument la seva gènesi i en donarem exemples de cadascuna d'elles.

2.2.1. Les tempestes d'origen frontal

S'originen pel contacte entre masses d'aire de diferent temperatura, donant lloc a pluges de petita intensitat, però de gran extensió. Es produeixen normalment durant els mesos d'hivern. Per exemple, les rierades del novembre del 83 a Arenys i el Masnou-Alella, van ser originades per pluges de 32,1 mm a Alella y de 32,5 mm a Arenys de Munt.

2.2.2. Les pluges estiuenques

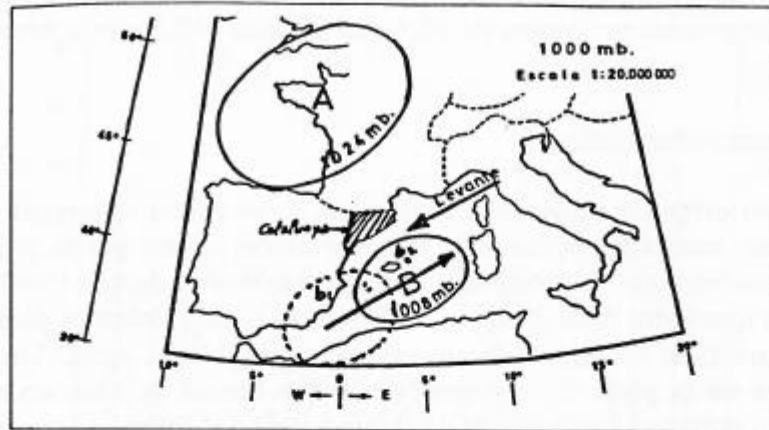
Deuen el seu origen a moviments convectius d'aire calent i carregat d'humitat que ascendeix per les serralades costaneres. El refredament causat per la pujada d'aquests corrents humits es tradueix en precipitacions intenses de poca durada i molt localitzades, donant-se el cas que entre dues conques confrontants hi hagi enormes diferències en els registres pluviomètrics. Es donen durant els mesos de juliol i agost. Un clar exemple d'aquest tipus va ser la pluja del 6 d'agost de 1.990 a Premià de Mar, on es van recollir 60,0 mm a aquesta població (però només 45,0 mm a Teià i al Masnou no es van assolir els 30,0 mm), que va provocar una mort i nombroses destrosses materials.

2.2.3 Les llevantades

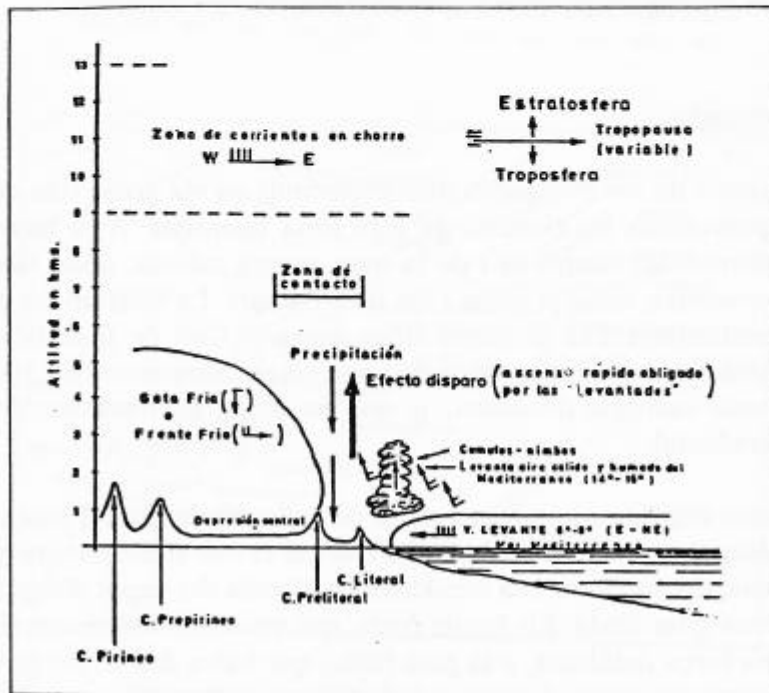
Són les causants de les avingudes més importants en els gran rius del país, essent també les que provoquen les rierades de més forta intensitat. A la tardor, el diferent comportament tèrmic del continent i de la mar, encara calenta, dona lloc a la creació d'una cèl·lula convectiva entre la costa i les Illes Balears. La situació del vent de llevant s'origina per l'establiment d'un anticicló situat sobre el Golf de Biscaia i una borrasca sobre el Mar Baleàric, la qual cosa dona lloc a vents de components E i NE (figura 2.a.). Es tracta d'un vent carregat d'humitat, ja que ha hagut de travessar gran part de la Mediterrània Occidental.

El refredament del flux ascendent a causa de la Serralada Litoral no és suficient com per a provocar pluges de forta intensitat, així que cal cercar altres factors que, juntament amb aquest ascens, donin lloc a una condensació sobtada del vapor d'aigua. Aquests són un front fred o una gota freda.

Els fronts freds, que provenen del centre de la Península Ibèrica i ja vénen força debilitats, o la gota freda, que baixa des de les proximitats de la Trosfera, envolten la massa d'aire humit de llevant, obligant-la a un ascens sobtat per tal d'assolir un nivell d'equilibri d'acord amb la nova situació. Quan aquesta massa d'aire topa contra el front o la gota freda, es produeix una ràpida condensació que origina, com en el cas de les pluges estiuenques, precipitacions de molt forta intensitat i força localitzades.



a



b

Figura 2. Situació atmosfèrica causant d'una llevantada. a) Situació típica en superfície; b) Tall esquemàtic de l'atmosfera (extrets de **Novoa**, 1.984).

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

Per exemple, en la pluja de setembre de 1.962, a Arenys de Mar es van recollir 120,4 mm, produint-se una gran rierada, mentre que a Calella només van ploure 48,5 mm, i no es té constància de cap rierada de considerables proporcions (figura 2.b.). Per contra, l'11 d'octubre de 1.962 es van recollir 219,00 mm a Calella i 214,5 mm a Arenys de Mar, el major registre d'aquestes característiques en ambdós observatoris, però només 53,6 mm a Arenys de Munt.

2.3. Relació entre les distribucions de pluges i d'inundacions

Deixant de banda quines són les causes meteorològiques que donen lloc a la distribució de precipitacions existent a la comarca, ens centrarem en la repercussió sobre les avingudes que originen aquestes pluges.

Si reflectim en una gràfica la freqüència de les pluges d'intensitats superiors als 50,0 i als 70,0 mm/dia (figura 3), s'observa que, durant dos mesos i mig (entre el 15 d'agost i el 30 d'octubre), es produeixen exactament el 50 % de les precipitacions de més de 50 mm/dia enregistrades durant tot l'any; el percentatge és molt similar si prenem les precipitacions de més de 70,0 mm/dia (un 52 %) i les de més de 100,0 mm/dia (50 %), essent, per tant, el període més propens al desenvolupament de rierades.

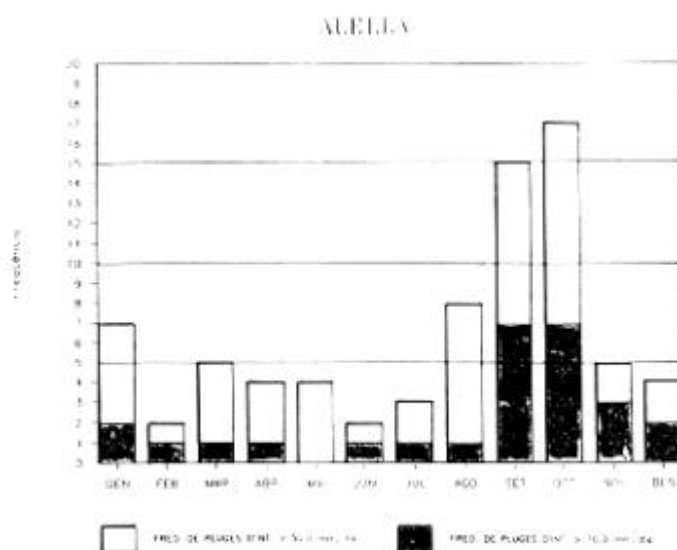


Figura 3: Distribucions mensuals de pluges superiors a 50,0 i 70,0 mm a l'observatori d'Alella.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

La distribució reflectida en la figura 3 és lleugerament inferior a les freqüències de les avingudes a Catalunya (segons dades de la Junta d'Aigües) de la figura 4:

	Catalunya	Alella
1/1 a 15/9	13 %	44 %
16 a 30/9	15 %	11 %
octubre	48 %	26 %
novembre	20 %	11 %
desembre	4 %	7 %

Figura 4: Distribució de freqüències de les avingudes a Catalunya, tot comparant-la amb les pluges d'intensitat superior als 70,0 mm/dia recollides en l'observatori meteorològic d'Alella.

La conseqüència immediata que en podem treure de tot el dit anteriorment és que les pluges d'intensitats elevades, generadores de rierades fortes, tot i concentrant-se en una franja bastant concreta, a finals d'estiu i començaments de la tardor, són menys previsibles que les avingudes de les grans conques fluvials del país, que en el mateix lapse de temps tenen una ocurrencia del 83 %. Aquestes últimes, però, tenen el seu apogeu un més després de les rierades del Maresme, és a dir, entre el 15 de setembre i el 30 de novembre.

3. FACTORS QUE INTERVENEN EN LES RIERADES AL MARESME

3.1. Introducció

Els factors més importants que intervenen en el desenvolupament de les rierades al Maresme (**causes primàries**) són principalment dues: les **variables fisiogràfiques i geològiques** i les **variables climàtiques**. D'aquests, en deriven una sèrie de factors (**causes derivades**), que poden estar o no modificats per acció antròpica: l'**ús del sòl** (tipus, desenvolupament i extensió), la **vegetació** i les **característiques pluviomètriques**, que condicionen, juntament amb els factors primaris, les **característiques hidrològiques de la conca de drenatge**, el **grau de saturació en aigua del sòl** i la **intensitat de la pluja**. La interrelació de tots aquests factors dona com a resultats les dues causes bàsiques de l'origen de les rierades: les **condicions hidrològiques locals** i el volum d'aigua que es produeix (**cabal "Q"**), que anomenarem **causes finals**. La relació existent entre tots aquests factors es detalla en la figura 5.

3.2. Causes principals

3.2.1. Les variables fisiogràfiques i la geologia

Els paràmetres **topogràfics**, especialment el **pendent**, la **longitud** i l'**ordenació dels vessants** condicionen l'existència, densitat i tipus de **vegetació**, amb la qual cosa s'incrementa la infiltració del terreny i disminueix la velocitat de l'aigua, reduint-se així el seu poder erosiu i augmentant el **temps de concentració** (*temps que tarda una gota d'aigua dipositada en el lloc més extrem d'una conca en arribar fins al punt de desguàs*). També condicionen el grau d'alteració i de desenvolupament dels sòls, factors de gran importància en petites conques. En el Maresme, els pendents són elevats en les zones de capçalera, assolint-se normalment els 30° i, fins i tot, els 40°. Els vessants, orientats generalment cap a mar, són de curta longitud.

La **geologia**, a través de la **litologia**, condiona les **característiques texturals del sòl** i, per tant, la seva **capacitat de camp** (*quantitat d'aigua que el sòl pot retenir*). Al Maresme, la majoria dels sòls de les capçaleres de les conques de drenatge de les rieres i torrents són d'origen granític, tot esdevenint en "sauló", força porós i de gran capacitat d'infiltració. La tectònica ha col·laborat enormement en el seu desenvolupament, ja que la gran quantitat de discontinuïtats que afecten el batòlit granític i els afloraments paleozoics, afavoreixen la disgregació de la roca. Aquest és el motiu per què als pobles costaners, sobretot, hi ha tantes mines d'aigua: l'aigua es canalitza per aquestes esquerdes.

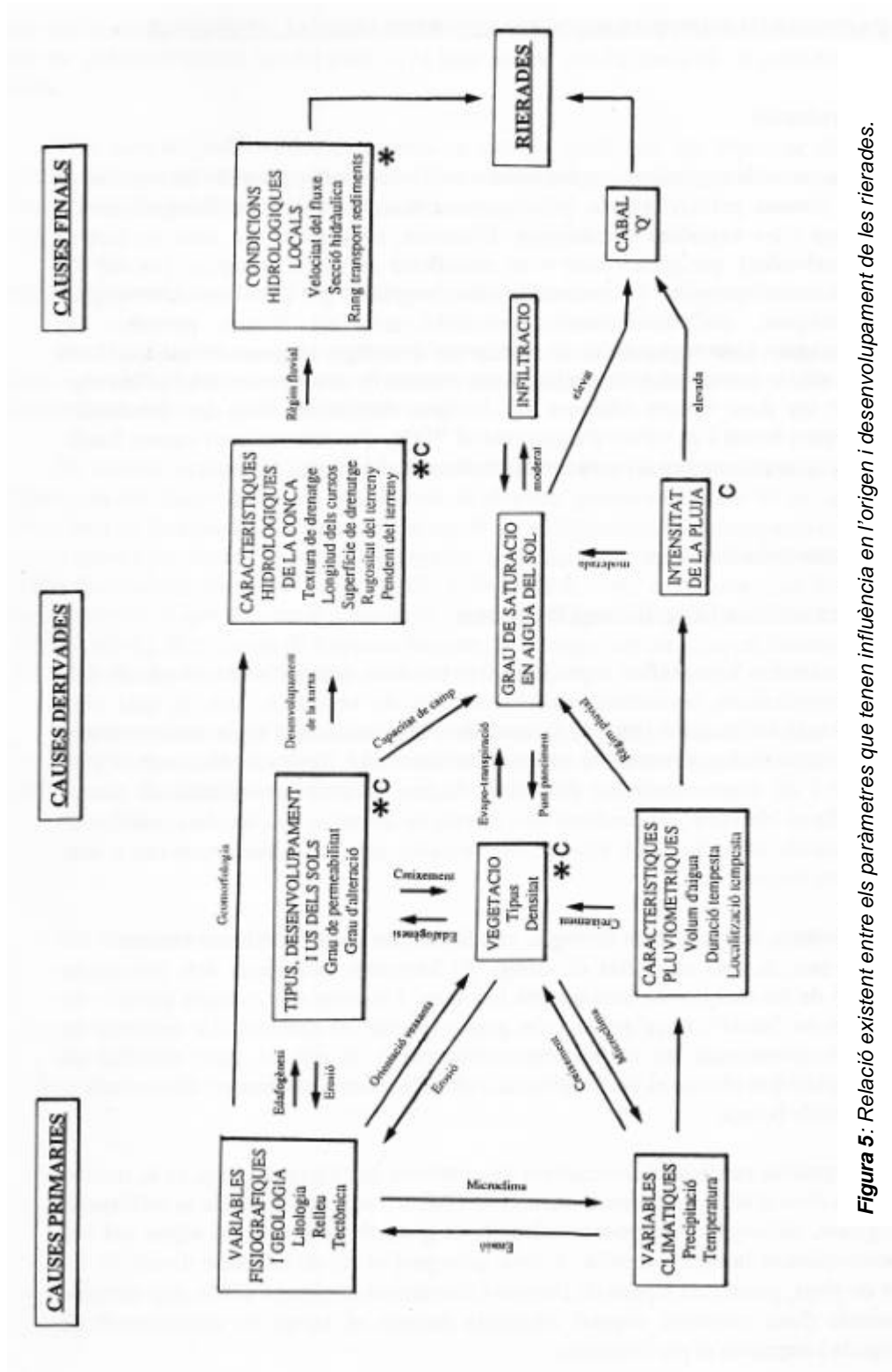


Figura 5: Relació existent entre els paràmetres que tenen influència en l'origen i desenvolupament de les rieres.

La **vegetació** condiciona directament l'escolament de l'aigua de pluja, ja que dona al sòl una adequada estructura edàfica i, per tant, i **capacitat o potència d'infiltració** (*quantitat d'aigua que el sòl pot absorbir per unitat de temps, no confondre amb la capacitat de camp*), tot regulant, mitjançant l'**evapo-transpiració** (*part de la precipitació que torna a l'atmosfera*), el **grau de saturació en aigua del sòl** (*relació entre l'aigua que conté un sòl i la que pot arribar a retenir*), proporcionalment inversa a aquella. A més, protegeix el sòl de l'impacte directe de les gotes de pluja, preservant aquest de l'erosió i disminuint la càrrega sòlida dels torrents. L'absència d'una cobertura vegetal adequada redueix el temps de concentració de l'avinguda (veure el punt 4.5.) i augmenta el pic d'aquesta.

Al Maresme, gran part de la serralada està coberta per extensos i espessos boscos de pi mediterrani, que ha anat substituint l'alzinar; encara es conserven, però, boscos d'alzines en la zona del Montnegre. Al Maresme Sud, els boscos són menys abundants i en avançat estat de degradació. A més, no han estat substituïts per una adequada coberta de sotabosc, per la qual cosa el sòl està sense protecció, i és fàcilment erosionable.

La conjuminació de totes les variables fisiogràfiques i geològiques, a través de la **geomorfologia** i el **desenvolupament dels sòls**, condicionen les **característiques hidrològiques de la conca**, és a dir, la textura de drenatge, la longitud dels cursos, la superfície de drenatge i la rugositat i pendent del terreny, factors que repercuteixen directament en el temps de concentració. Les litologies que donen lloc a sòls impermeables afavoreixen l'aparició d'una xarxa de drenatge força desenvolupada, amb textures de drenatge elevades (nombre de cursos per unitat de superfície). L'escolament es concentra ràpidament (badlands), sense possibilitat d'infiltració, donant com a resultat un temps de concentració baix.

Al Maresme, els elevats pendents de la zona de la capçalera són en part compensats per una permeabilitat força alta del sòl, a causa del sauló, amb índexs de torrencialitat (nombre de cursos de primer ordre per unitat de superfície) relativament baixos; 12,6 a la Riera d'Alella, 39,3 a la de Sant Vicenç, 16,2 a la d'Arenys, 26,6 a la de Sant Genís, etc., existint una relació intensa entre la superfície de la conca i l'índex de torrencialitat.

Quant major és la **superfície de la conca**, major és la seva capacitat d'autorregulació i autolaminació de l'avinguda; al mateix temps, major és el volum d'aigua emmagatzemada en els llits, per ser major el seu nombre i longitud. En conques grans, com les d'Argentona, Pineda o Arenys, els diferents pics dels afluents no acostumen a coincidir, per la qual cosa l'avinguda es manifesta per successives ondulacions ocasionades pel retard en l'arribada dels cabals dels afluents al llit principal.

Totes les variables abans esmentades influeixen en les **condicions hidrològiques locals** (velocitat del flux, secció hidràulica i rang de transport de sediments), que es consideren una de les causes finals de les rierades, i de les avingudes en general.

3.2.2. Variables climàtiques

Recíprocament relacionades amb l'altre gran grup de causes primàries a través de l'erosió i el microclima, les **variables climàtiques** són les responsables de l'aportació del volum d'aigua, el qual passarà a la xarxa torrencial en major o menor mesura, tot depenent d'una sèrie de paràmetres que veurem a continuació.

Precipitació i temperatura afavoreixen el creixement de la **vegetació** i aquesta, alhora, pot arribar a crear condicions microclimàtiques, especialment en forma d'humitat, que afectin el règim de precipitacions. Aquest, però, no és el cas del Maresme, ja que les extensions de bosc són reduïdes.

La **temperatura**, gràcies a la **vegetació (evapo-transpiració)**, és un important factor per alleugerir el **grau de saturació en aigua del sòl**, que també depèn en gran mesura de la ja mencionada **capacitat de camp**, un factor encara poc conegut al Maresme, segons **Villarroya (1.986)**. Aquest autor dóna com a vàlid un rang d'entre 50 i 100 mm i suposa que es produeix escolament directe a partir de 40 mm/dia de precipitació. De totes formes, sigui quin sigui el valor de la capacitat de camp, el **Pla Hidrològic del Pirineu Oriental (1.985)**, avalua entre 327 i 489 mm el dèficit anual de precipitació en el Maresme, la qual cosa indicaria que la major part de l'any el sòl està sec, efectuant-se la recàrrega només a mitjans d'hivern i finals de tardor.

El principal factor d'origen climàtic és, però, la **precipitació**, en especial les seves característiques: **volum d'aigua i duració i localització de la tempesta**, la qual distribució diària i estacional és un important factor a considerar. Dues pluges en dies consecutius, encara que siguin de petita intensitat, poden saturar el sòl, no necessitant-se llavors un gran volum d'aigua per a iniciar l'escolament. **Martín Vide (1.985)** estima que hi ha un 43,8 % de probabilitats que plougui un dia determinat si el dia anterior també ho va fer. El percentatge s'eleva a 57,9 % si el dia anterior la pluja va tenir una intensitat superior als 30 mm.

A finals de l'estiu i començaments de la tardor es donen les precipitacions més intenses, amb la qual cosa la capacitat de camp s'omple ràpidament i el sòl es satura en aigua. Quan això passa, una petita pluja pot ser suficient com per a provocar una forta avinguda. Per exemple, la rierada del 10 d'octubre de 1.989 a Arenys de Mar, on només es van recollir 6,00 mm a Arenys de Munt i 49,0 mm a Arenys de Mar. El sòl estava realment saturat, ja que durant els mesos d'agost i setembre van ploure a Arenys de Munt un total de 16 dies, recollint-se 170 mm en total.

La **intensitat o grau de torrencialitat de la pluja** és, pot ser, la causa principal de l'aparició d'avingudes. En **pluges moderades**, part de l'aigua caiguda, en major o menor mesura, **s'infiltraria**, i la resta passaria a formar part de l'escolament superficial, que generarà un cert **cabal "Q"**. Però si la **pluja** ha estat **brusca i concentrada**, desborda la potència d'infiltració del sòl i ni l'existència, en el cas més favorable, de tots els factors anteriorment esmentats, pot ésser capaç de retenir tal quantitat d'aigua en poc temps, produint-se avingudes d'una forma sobtada.

Aquest és el cas típic de les rieres del Maresme quan es produeixen les pluges de tardor. El sòl, malgrat la sequedat típica de l'estiu, no és capaç de retenir aquest volum d'aigua, iniciant-se l'escolament, que ràpidament assoleix els cursos principals. El fenomen es veu agreujat per la mancança, en molts casos, d'una cobertura herbàcia que esmorteiria considerablement l'avinguda. Com exemple de l'anteriorment dit, es pot destacar la rierada del 25 de setembre de 1.991 a Alella, on es van concentrar 60 mm en només 25 minuts al Masnou. El sòl estava força sec, producte de les escasses precipitacions que es van produir durant l'estiu i de la forta calor, però no va poder retenir aquest volum d'aigua.

3.3. Influència del medi antròpic

3.3.1. Introducció

El medi antròpic pot variar en gran mesura alguns dels factors anteriorment esmentats. Per exemple, una tala incontrolada de bosc pot disminuir considerablement el temps de concentració, de la mateixa manera que ho fa el conreu amb solcs que segueixen les línies de màxim pendent. A continuació veurem com ha repercutit sobre els cabals punta l'acció de l'home sobre el medi natural.

3.3.2. Efectes de l'antropització de les xarxes torrencials

Les particularitats geogràfiques del Maresme –mar i muntanya, clima excel·lent i proximitat a Barcelona-, han donat com a conseqüència un fort caràcter residencial a la comarca. La pressió urbanística ha dut a l'aparició, en els darrers anys, d'un seguit d'urbanitzacions en els vessants muntanyosos de la Serra de Marina, així com l'expansió dels nuclis urbans especialment cap a la serra, que ha donat lloc a una continuada pèrdua de sòl cultivable, en especial del conreu de secà (bàsicament, la vinya). Això ha provocat una disminució del temps de concentració i un augment de l'escolament, que donen com a conseqüència un increment del cabal punta aigües avall.

Apart de la intensa urbanització dels darrers anys, també ha influït notablement en l'augment de l'escolament la impermeabilització del sòl produït per certes activitats agrícoles, les quals necessiten, per al seu desenvolupament, el cobriment amb plàstics grans extensions de terreny.

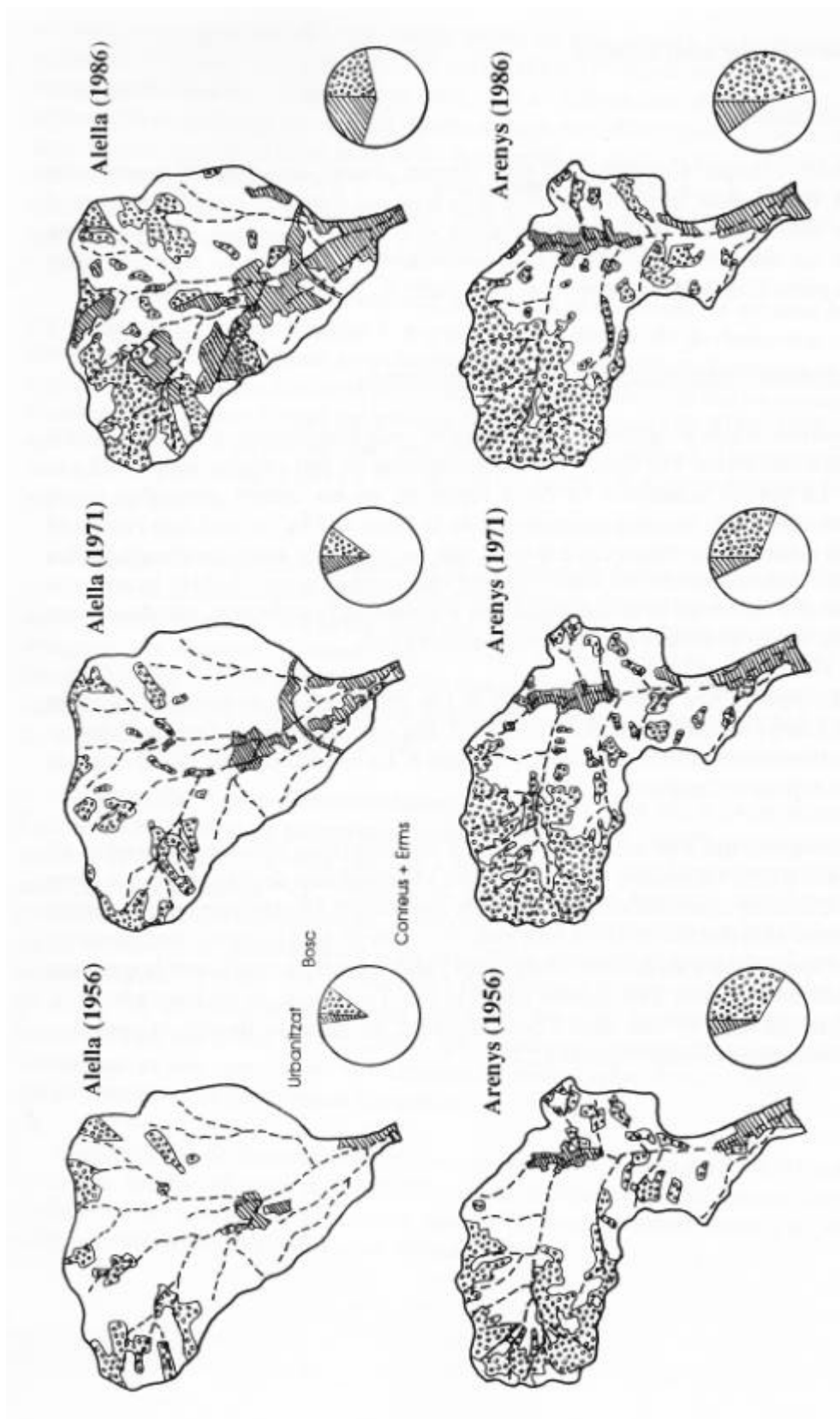


Figura 6: Evolució de la superfície forestal, conreada (inclou els erms) i urbanitzada de les conques de les rieres d'Alella i Arenys de Munt el període 1.956 – 1.986. Les dues sèries de figures no estan a la mateixa escala.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

A la figura 6 s'ha reflectit l'evolució de l'ús del sòl en les conques de les rieres d'Alella i Arenys durant el trentenni 1.956 – 1.986. Els percentatges detallats de cadascun dels usos diferenciats es detallen en la Figura 7. La metodologia de càlcul emprada és el que s'exposa en el capítol 4.

Riera d'Alella (1956)		Riera d'Alella (1971)		Riera d'Alella (1986)	
Bosc dens	2.22	Bosc	9.60	Bosc dens	9.87
Bosc dispers	6.50			Bosc dispers	11.06
Urbanitzat en bosc	0.00	Urbanitzat en bosc	0.00	Urbanitzat en bosc	3.58
Urbanitzat en erms	1.73	Urbanitzat en erms	4.61	Urbanitzat en erms	13.34
Conreu regadiu	14.23	Conreu	57.86	Conreu	28.20
Erm i conreu secà	74.92	Erm	26.31	Erm	30.48
Nucli urbà	0.41	Nucli urbà	1.62	Nucli urbà	3.47
Coef. d'escolament:	0.55	Coef. d'escolament:	0.51	Coef. d'escolament:	0.54
Riera d'Arenys (1956)		Riera d'Arenys (1971)		Riera d'Arenys (1986)	
Bosc dens	22.27	Bosc	30.85	Bosc dens	37.56
Bosc dispers	11.24			Bosc dispers	8.35
Urbanitzat en bosc	0.00	Urbanitzat en bosc	0.00	Urbanitzat en bosc	0.62
Urbanitzat en erms	0.33	Urbanitzat en erms	4.13	Urbanitzat en erms	3.17
Conreu regadiu	9.58	Conreu	43.34	Conreu	31.68
Erm i conreu secà	52.15	Erm	18.37	Erm	12.91
Nucli urbà	4.43	Nucli urbà	3.31	Nucli urbà	5.72
Coef. d'escolament:	0.49	Coef. d'escolament:	0.47	Coef. d'escolament:	0.43

Figura 7: Evolució dels percentatge d'usos del sòl i del coeficient d'escolament en les conques de les rieres d'Arenys i d'Alella durant el trentenni 1.956– 1.986.

Els cabals punta de 1.956, 1.971 i 1.986, calculats a partir de coeficients d'escolament abans exposats, són reflectits a la figura 8.

Riera d'Arenys	1956	1971	1986
T = 2	56.0	55.2	51.9
T = 5	72.5	72.5	71.4
T = 10	80.3	81.2	81.2
T = 25	97.8	100.4	101.6
T = 50	110.4	113.6	116.4
T = 100	123.6	127.8	131.4
T = 200	136.8	141.9	146.1
T = 500	152.7	159.2	165.6
Riera d'Alella	1956	1971	1986
T = 2	55.8	57.5	56.9
T = 5	76.1	74.9	76.8
T = 10	90.5	89.4	91.4
T = 25	111.2	110.1	112.8
T = 50	127.4	126.2	127.8
T = 100	143.7	142.7	143.6
T = 200	158.9	158.0	158.9
T = 500	179.3	178.4	179.7

Figura 8: Evolució dels cabals punta (Q_{500}) pels diferents períodes de retornament en les rieres d'Arenys i d'Alella durant el trentenni 1.956 – 1.986.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

Observem que els resultats són força curiosos. A la conca de la Riera d'Arenys, on els vessants muntanyencs encara no han estat urbanitzats amb intensitats, el coeficient d'escolament s'ha reduït de 0,49 a 0,43 en 30 anys, a causa del guany de sòl forestal, amb major poder de retenció de les aigües que els conreus. Malgrat això, els cabals esperables per a períodes de retornament elevats han experimentat un sensible increment. La causa no és altra que el règim pluviomètric de la zona ha experimentat també un gran augment; les pluges esperables en 24 hores per T_{500} anys, per exemple, han passat de 176,6 mm (1.956) a 218,0 mm (1.990). L'espectacular pujada d'aquest valor es deu a les pluges dels darrers anys, amb valors de 170,7 mm (19-01-79), 150,0 mm (08-12-60) o 138,0 mm (04-12-77), que han repercutit fortament en el càlcul estadístic emprat. Cal remarcar que els càlculs s'han realitzat per l'observatori d'Arenys de Munt, ja que s'han de considerar principalment les pluges de la zona de la capçalera; a Arenys de Mar no s'han enregistrat pluges amb valors superiors als 90,0 mm/dia des de 1.963.

A la conca de la Riera d'Alella, per contra, malgrat l'augment sofert pel coeficient d'escolament en el darrer quinzenni, originat sens dubte per la intensa urbanització de la Serra de Sant Mateu i per la gran disminució del sòl conreat, el cabal ha romàs constant. Aquí també ha estat el règim pluviomètric qui ha compensat els canvis en el coeficient d'escolament. Així, els valors de les pluges màximes esperables han assolit en l'actualitat els valors de 1.956, mentre que el 1.971 va haver-hi un màxim, que va contrarestar el mínim assolit pel coeficient d'escolament. Aquests valors han passat de 194,2 mm (T_{500} anys), el 1.956, a 198,3 mm el 1.990, passant pels 208,6 mm el 1.971. Aquí, malgrat les pluges del 05-10-87 (118,3 mm) i del 12-11-88 (117,5 mm), no s'ha tornat a assolir mai més el valor enregistrat el 12-10-31, amb 154,3 mm, la qual cosa ha provocat el manteniment dels valors esperables al llarg del anys.

4. CÀLCULS HIDROLÒGICS

4.1. Introducció

A continuació es donarà compte de com es pot calcular el cabal que pot arribar a transportar un curs per una pluja determinada. No s'ha de confondre amb la metodologia de Manning ($Q = (S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}) / n$), en què es calcula un cabal (Q) en funció del coeficient de rugositat del canal (n), la seva secció (S), el pendent (J) i el radi hidràulic (R). En el cas que ens ocupa, calcularem el cabal per un període de retornament determinat (Q_T). Posteriorment, aplicant ja Manning, podrem determinar si la secció hidràulica d'un punt del canal-problema és l'adequada per a suportar el cabal calculat i, per tant, si en dit punt poden esdevenir desbordaments

4.2. Metodologia del càlcul d'avingudes

Hom tendeix a pensar que el càlcul del cabal màxim a evacuar en una conca per un determinat període de retornament T és més fàcil de realitzar en conques petites que en conques grosses. Això no és del tot cert, ja que en les primeres s'acostuma a tenir-se tota la informació necessària per a dur a terme el nostre propòsit.

Hi ha cinc mètodes de càlcul d'avingudes: **directes**, **hidrològics**, **empírics**, **estadístics** i **de correlació hidrològica**. Si només es tracta de calcular el cabal màxim a evacuar en una conca, els tres darrers mètodes ofereixen una ampla gamma de possibilitats que permeten elegir un valor mig d'entre els diferents resultats obtinguts. En tot cas, convé utilitzar el màxim possible de mètodes, a fi i efecte de poder-los comparar. El procés lògic de càlcul amb aquesta metodologia és el següent:

- Obtenció de tota la informació possible de crescudes màximes anteriors (**mètodes directes**), intentar deduir el cabal a partir de les cotes màximes assolides per la làmina d'aigua en estacions d'aforaments o de testimonis orals, escrits o observacions en el camp. No serà el cas en les rieres del Maresme.
- Utilització de **mètodes empírics**, senzills en el càlcul; tot i que cadascun dels paràmetres que hi intervenen van ser definits en una conca determinada, no s'han de menysprear mai.
- A continuació, s'utilitzen **mètodes estadístics**, partint de sèries conegudes de cabals mitjos diaris o instantanis i/o dels valors màxims de precipitació en 24 hores o en intervals de temps menors.
- Emprant els **mètodes hidrològics**, es defineix l'hidrograma complet, utilitzant generalment el mètode de les isocrones o el de l'hidrograma unitari.
- Si tenim l'oportunitat d'obtenir dades d'altres conques de característiques similars a la nostra, podem utilitzar el **mètode de correlació hidrològica**, que permet estimar els cabals màxims d'avinguda en la nostra conca-problema a partir dels obtinguts en les conques afins, sempre tenint en compte les oportunes relacions.

- Finalment, prenent com a base els resultats obtinguts, i donant a cada mètode un pes específic en funció de la seva importància, s'obté l'hidrograma tipus corresponent per a cada temps de recurrència considerat, agafant sempre el més desfavorable.

En petites conques (superfície menor de 25 km²), on generalment no hi ha estacions d'aforament i, per tant, no són utilitzables els mètodes hidrològics, s'acostumen a emprar, doncs, els mètodes empírics. Les conques del Maresme no són una excepció, i les estacions d'aforament no existeixen, per la qual cosa s'ha utilitzat aquest tipus de mètodes en els estudis fets fins ara.

4.3. Mètodes empírics

Hi ha una gran varietat de mètodes empírics per a determinar els cabals màxims d'avinguda, de senzilla aplicació i que ens ajuden a calibrar els valors obtinguts en d'altres mètodes. De vegades, ajudats pels mètodes estadístics, són l'únic procediment per a calcular els cabals màxims, amb la qual cosa cal anar en compte, ja que els coeficients emprats en aquestes fórmules estan deduïts en conques específiques, i no sempre es coneix fins a quin punt aquests són aplicables a la nostra conca-problema.

Les crescudes, tot i ser un fenomen força complex, van molt lligades a la superfície de la conca on es produeixen, per la qual cosa totes les fórmules utilitzen, entre d'altres variables, aquest paràmetre fonamental. En regions sotmeses a un mateix règim hidrològic, la correlació entre la superfície de la conca i el cabal màxim és, segons **Heras (1.984)**, la de major garantia i ajust.

Les fórmules empíriques més utilitzades es classifiquen en dos grans grups, segons facin ús o no del concepte de probabilitat. Aquí només parlarem de les segones, per ser les més utilitzades, i més concretament ens centrarem en la **Fórmula Racional**, la de major garantia en conques de petita extensió, com és el cas. La resta de fórmules són o bé aplicables a conques de gran extensió, o bé utilitzen paràmetres característics de la conca on s'han definit, de difícil extrapolació en el nostre cas.

La Fórmula Racional té la següent expressió:

$$Q \text{ (m}^3 \text{ / s)} = \frac{c \cdot it \cdot S}{3,6}$$

c = coeficient d'escolament

it = intensitat màxima de precipitació (en mm/h) corresponent a un aiguat de duració igual a T_c, i per un període de retornament determinat; s'expressa en tant per u

S = superfície de la conca, en Km² (S sempre menor de 25 Km²)

Una modificació de la Fórmula Racional, ideada per a càlcul de cabals en conques d'extensió superior als 25 Km², és la **Fórmula Completa**, on el divisor de l'expressió varia segons la superfície de la conca. Totes les rieres del Maresme, excepte la de Sant Pol (38,76 Km²) i la d'Argentona (77,86 Km²) tenen superfícies inferiors als 25 Km². En aquests casos, el coeficient del divisor de la fórmula és "3".

Si tenim en compte que el coeficient d'escolament varia poc en el temps, veiem que el cabal Q que pot desguasar un curs és, bàsicament, funció de la intensitat de pluja, ja que, per una conca determinada, i segons aquesta fórmula, la resta de valor és fix.

$$Q = f(it)$$

La determinació del coeficient d'escolament (**c**) i del temps de concentració (**Tc**) es fa per mètodes empírics, mentre que la intensitat màxima de precipitació (**it**) es determina per mètodes estadístics.

4.4. Mètodes estadístics

Aquests mètodes consisteixen en estimar el valor màxim esperable per un període de retornament considerat, a partir d'una sèrie de valors màxims coneguts, extrapolant en dita sèrie una llei de freqüències amb diferents probabilitats.

El mètode més emprat és la **Distribució de Gumbel**, segons la qual, la probabilitat, en tant per u, que el màxim anual sigui menor que un valor **x** vindrà donada per:

$$P = \left(1 - \frac{E_x}{n} \right)^n$$

n = nombre anual de valors diaris independents d'un element meteorològic o hidrològic.

E_x = nombre mig anual de valors diaris que excedeixen el valor **x**; la probabilitat que un valor diaris a **x** és E_x/n, mentre que la probabilitat que sigui menor serà 1-(E_x/n)

Si **n** és prou gran, **P** tendeix a e^{-E_x}. Si fem Y = -ln E_x, trobem que P = (e^{-e})^{-Y}, amb la qual cosa **Y** (variable reduïda) val:

$$Y = -\ln \ln \left(\frac{1}{P} \right)$$

El **període de retornament**, en funció de la probabilitat, ve donat per la següent relació:

$$T = \frac{1}{1 - P}$$

P = probabilitat que un valor extrem sigui inferior a un cert valor X, és a dir, la proporció de freqüències de valors màxims inferiors a X; $1 - P$ és la probabilitat que aquest valor extrem sigui igual o més gran que X.

T = període de retornament del valor X o nombre d'anys necessaris per a què el valor màxim assolit iguali o superi el valor X només una vegada com a mitja.

T, llavors, representa l'interval de temps mig transcorregut entre dues ocurrències d'una precipitació igual o superior que **X**. És a dir, si es sap que en una determinada estació A, el període de retornament d'una precipitació de 80 mm/24 h és de 10 anys, es té que una precipitació la qual magnitud digui de 80 mm/24 h, o major, es produirà en l'estació A cada 10 anys (com a mitja) o, el que és el mateix, que en un període de 100 anys, s'ha d'esperar que es produiran (sempre com a terme mig), 10 d'aquests successos.

Les dues fórmules més utilitzades en els càlculs estadístics són la de **Hazen** i de la **Kimbal-Weibull**, essent la segona la més utilitzada en els càlculs estadístics que es refereixen a la meteorologia. La seva expressió ve donada per:

$$T = \frac{(N + 1)}{n}$$

N = nombre d'anys de la sèrie

n = n^o d'ordre de la sèrie de distribució, de major a menor (de menor a major si estem treballant amb freqüències)

El **paper de probabilitat extrema** és emprat per a determinar si la sèrie de valors màxims s'ajusta a la distribució de Gumbel, és a dir, una recta. A les abscisses, que tenen l'escala doblement logarítmica, s'hi porten la variable reduïda i les freqüències acumulades o probabilitats (en tant per u) corresponents a cadascun dels valors màxims, prèviament ordenat en ordre creixent:

$$P = 100 * \frac{n}{(N + 1)}$$

P = probabilitat

N = n^o d'ordre del valor de la sèrie

N = n^o de valors de la sèrie

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

A l'escala horitzontal superior hi figuren els períodes de retornament. A les ordenades, que segueixen una escala aritmètica, s'hi porten els valors màxims (figura 9)

Per a calcular la recta de regressió que ens permeti obtenir els valors màxims esperables, per un període de retornament determinat, s'utilitza preferentment el **mètode de Chow**, que és una varietat del de mínims quadrats. Segons aquest mètode:

$$X_T = X + \left(\frac{Y_T - Y_n}{S_n} \right) * S_x$$

- P** = valor màxim esperable per un període de retornament **T**
- Y_t** = variable reduïda corresponent a **T**
- Y_n** = mitja de les variables reduïdes
- S_n** = desviació típica de les variables reduïdes
- X** = mitja dels valors màxims anuals
- S_x** = desviació típica dels valors màxims anuals

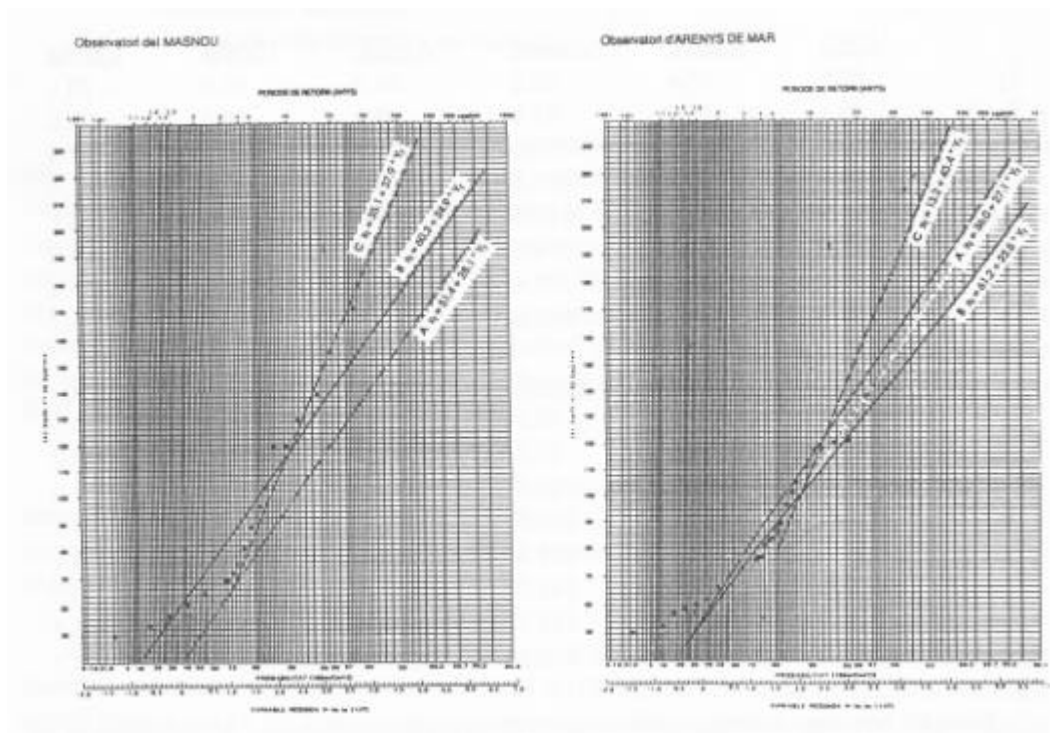


Figura 9: Rectes de regressió de les pluges iguals o superiors a 50,0 mm als observatoris del Masnou (esquerra) i Arenys de Mar (dreta).

Heras (1.984) recomana que, per a utilitzar aquest mètode, es disposi d'un mínim de 20 valors màxims (40, segons **Gil-Fournier**, 1.989). Tots els observatoris del Maresme tenen al menys 20 anys de registre. També cal tenir en compte que, quan major és el període de retornament que es considera, amb més reserves s'ha de prendre el valor obtingut. Així, aquest autor indica que els períodes de retornament de 500 anys no s'haurien d'utilitzar a no ser que es disposi de sèries de 75 o més valors, que en vies de comunicació s'han de prendre de 25 a 100 anys (actualment, la Legislació vigent obliga a prendre 500 anys) i en drenatges i sanejament, de 5 a 25 anys. Afegeix que no s'hauria de passar de períodes de retornament de 2 a 3 vegades l'extensió mitja de les sèries utilitzades.

Normalment, el càlcul es fa amb els valors màxims de precipitacions, prenent el màxim anual, única hipòtesi de treball que té un sentit estadístic en Hidrologia (segons **Heras**). Però té l'inconvenient que, en conques de forta irregularitat, com les del Maresme, els valors acompleixen una llei diferent a la dels valors més inferiors. Per aquest motiu, ha de realitzar-se el càlcul considerant una altra hipòtesi de treball, prenent només els valors màxims de la sèrie i considerant més d'un valor corresponent a un mateix any i no tenir en compte cap valor en alguns anys secs i mitjos.

Tot i que qualsevol dels valors obtinguts mitjançant una llei de distribució s'ha de prendre amb unes certes reserves, en aquells casos que no es disposi de sèries amb suficient extensió i garantia, els mètodes estadístics donen els resultats més acceptables pel càlcul de cabals màxims.

4.5. Càlcul del coeficient d'escolament (c)

El coeficient d'escolament és la relació entre la porció de pluja que s'escola per sobre del terreny i el total de la pluja caiguda. S'expressa en tant per u.

Hi ha dos mètodes per a calcular-lo, el de **Frévert** i el de la **Instrucció de Carreteras del MOPU**. Tots dos mètodes precisen, pel càlcul del paràmetre "c", de la determinació d'uns coeficients d'escolament parcials pel relleu, la permeabilitat del sòl, la coberta vegetal i la capacitat de magatzematge de l'aigua (figura 10.a). La limitació d'aquestes característiques obliga a una certa subjectivitat a l'hora de calcular cada coeficient parcial, ja que és inevitable de trobar-se amb paràmetres intermedis als donat a les taules. Hom creu que el grau de subjectivitat és menor en el primer mètode. El mètode de Frévert ve donat per la següent expressió:

$$c = 1 - (c_p + c_t + c_u + c_c)$$

c = coeficient d'escolament

c_p = coeficient degut al pendent

c_t = coeficient degut a la textura

c_u = coeficient degut a la coberta vegetal

c_c = coeficient degut a les pràctiques de conservació

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

Pendent %	C _p	Textura	C _t	Coberta vegetal	C _v	Pràctiques de conservació	C _c
3	0,3	Molt sorrenca	0,5	Forestal cobert	0,20	Allomat a nivell	0,20
3 - 5	0,2	Franco-sorrenca	0,4	Prat i pastures	0,15	A nivell	0,15
6 - 10	0,15	Franca	0,2	Conreus	0,1	Mal conreat	0,10
11 - 15	0,08	Argilosa	0,1	Erms	0,05	No conreat	0,00
16 - 20	0,07						
21 - 25	0,05						
25	0,02						

Valors de K				
1. Relleu del terreny	40 Molt accidentat, pendents superiors 30 %	30 Accidentat pendents entre 10-30 %	20 Ondulat pendents entre 5-10 %	10 Pla pendents inferiors 5 %
2. Permeabilitat del sòl	20 Molt impermeable	15 Notablement impermeable	10 Notablement permeable	5 Molt permeable
3. Vegetació	20 Cap	15 Poca: menys del 10 % de la superfície	10 Força fins el 50 % de la superfície	5 Molta
4. Capacitat d'emmagatzament d'aigua	20 Cap	15 Poca	10 Força	5 Molta
$\frac{4}{3}$ del valor de K comprès entre:	75-100	50-75	30-50	25-30
Valor de C	0,65-0,80	0,50-0,65	0,35-0,50	0,20-0,30

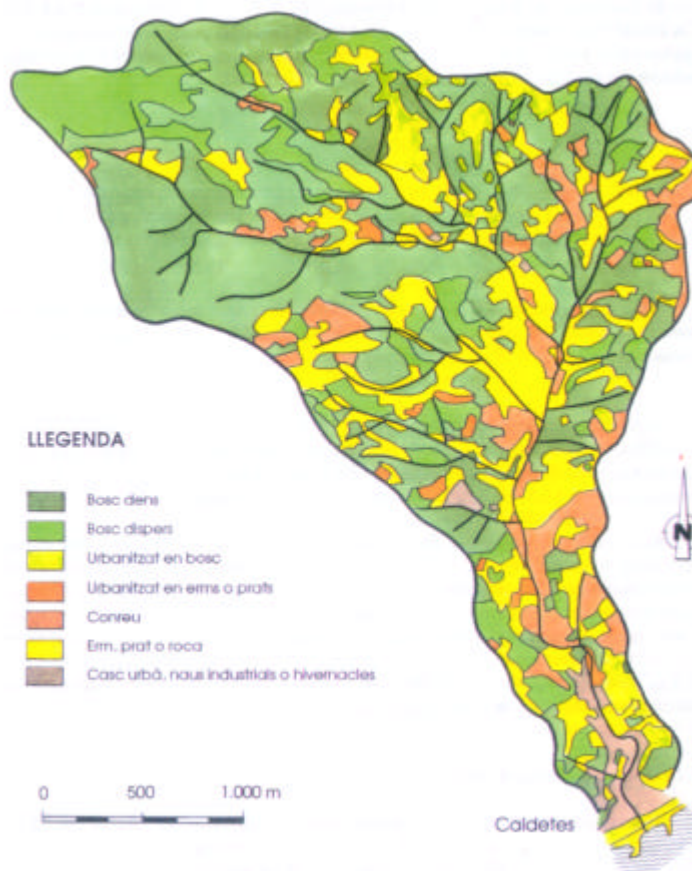
NOTA: Els valors de C més elevats corresponen als pendents més forts i als sòls més impermeables.

Figura 10. a) Coeficients d'escolament proposats per Frévert; b) Mètode de la Instrucció de Carreteres del MOPU per a la determinació del coeficient d'escolament (extrets de **Generalitat de Catalunya** (1.987)).

Cadascun dels coeficients parcials del mètode de Frévert hauria de ser ponderat segons l'extensió superficial que ocupa, la qual cosa suposa la realització de cartografies acurades de pendents i de textures. Per a la determinació del coeficient d'escolament a la Riera de Canet (figura 11), el coeficient segons pendent es va calcular a partir del pendent mig del curs principal i el coeficient segons la textura, a partir d'observacions de camp.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004



LLEGENDA

- Bosc dens
- Bosc dispers
- Urbanitzat en bosc
- Urbanitzat en erms o prats
- Conreu
- Erm, prat o roca
- Casc urbà, nous industrials o hivernacles

0 500 1.000 m

Caldetes

Riera de CANET

En Km ² .		Area conca: 4.82	
Tipus d'ús del sòl	Area	%	
Bosc dens	1.42	29.46	
Bosc dispers	0.56	11.62	
Urbanitzat en bosc	0.03	0.62	
Urbanitzat en erms	0.02	0.41	
Conreu	1.54	31.95	
Erm, prat o roca	0.78	16.18	
Casc urbà o edificació	0.47	9.75	
Total	4.82	100.00	
Coef. d'escolament			
Pendent (C _p)	0.15		
Textura (C _t)	0.22		
Coberta vegetal (C _v)	0.12		
Conservació (C _c)	0.05		
$C = (1 - (C_p + C_t + C_v + C_c))$	0.46		

Figura 11. a) Mapa d'usos del sòl de la riera de Caldetes elaborat a partir de fotografia aèria; b) Determinació dels coeficient d'escolament parcials i del total a partir del mapa anterior i dels mètodes desenvolupats en aquest escrit.

El **Document de Planejament Urbanístic de la Regió I (Generalitat de Catalunya, 1.990)** reflecteix, per tot l'àmbit comarcal d'influència torrencial, els següents percentatges d'ocupació del sòl, tot comparant-los amb els planejaments reflectits en els Plans d'Ordenació Municipals (figura 12):

	<u>1.990</u>	<u>Futur</u>	<u>C_t</u>	<u>C_u</u>
Bosc	63,17	56,64	0,35	0,19
Conreu	22,45	16,72	0,15	0,10
Urbà dispers	3,78	3,78	0,20	0,10
Urbà intermedi	5,30	13,76	0,20	0,10
Urbà dens	5,30	11,10	0,00	0,00

Figura 12: Percentatges d'ocupació actuals i planejades en el futur de les conques torrencials del Maresme i llur repercussió en els coeficients d'escolament deguts a la textura i la cobertura vegetal.

Suposant un pendent mig d'entre l'11 i el 15 % ($c_p = 0,08$), aplicant els coeficients proposats per Frévert, corregits en el seu dia en l'estudi que vaig fer sobre les rieres del Maresme, es determina que el coeficient d'escolament mig de la comarca és de 0,47, mentre que el futur es calcula que serà de 0,51, és a dir, aproximadament un 10 % superior.

Així, doncs, **pels períodes de retornament més elevats (100, 200 i 500 anys)**, els valors esperats utilitzant els mètodes abans descrits hauran de ser un 10 % superiors a causa d'aquesta circumstància.

4.6. Càlcul del temps de concentració (T_c)

Aquest paràmetre només es pot determinar mitjançant l'ús de fórmules empíriques o nomogrames. A Espanya, les expressions més utilitzades són la del **Mètode Racional** i les de **Témez-Heras**, **Kirpisch**, **Ventura-Heras**, **Californiana** i **Giandotti**. Els nomogrames, com els de **Mockus** o el del **Mopu**, tenen l'inconvenient de la seva limitació en els paràmetres que es consideren (per exemple, el de Mockus només admet longituds del canal principal dins a 5.000 m) i l'escassa o nul·la possibilitat d'informatització.

La fórmula del Mètode Racional té la següent expressió:

$$T_c = \left(\frac{0,871 * L^3}{H} \right)^{0,385}$$

T_c = temps de concentració (en hores)

L = longitud del canal principal (en Km)

H = desnivell entre la capçalera de la conca i el punt de desguàs (en m)

La fórmula Californiana té l'expressió:

$$T_c = 0,066 * \left(\frac{L}{J^{0,5}} \right)^{0,77}$$

T_c= temps de concentració (en hores)

L = longitud del canal principal (en Km)

J = pendent (H/L)

H = diferència de cota entre l'altitud màxima i la mínima (en Km)

En les 25 conques estudiades al Maresme, es van comparar els resultats segons ambdós mètodes i es va constatar que són idèntics, havent només una diferència de l'ordre d'un minut en els conques més grosses.

4.7. Determinació de la intensitat màxima horària per un temps T_c (it)

La intensitat màxima horària de l'aiguat corresponent a un temps de concentració T_c i a un període de retornament T es pot obtenir per mètodes empírics o bé a través de nomogrames. El mètode empíric més emprat és del Mètode Racional:

$$it = 9,25 * ih * tc^{-0,55}$$

it = intensitat màxima horària per un temps de concentració T_c, en mm/h

ih = intensitat màxima horària per un període de retornament

T_c= temps de concentració, en minuts

La intensitat màxima horària per un període de retornament determinat es calcula estadísticament a partir de les sèries obtingudes pels registres pluviogràfics. Generalment no es disposa d'aquestes dades o la sèrie és massa reduïda com per a poder fer-ne un ús correcte d'ella segons els mètodes estadístics. La dada de la qual es disposa normalment és la pluja màxima recollida en 24 hores. S'admet que, com a ordre de magnitud, la precipitació en 12 hores correspon, aproximadament, al 70 % de la de 24 hores i, com a estimació general, la magnitud de la intensitat horària tindrà un valor comprès entre 1/6 i 1/3 de la pluja esperable en 24 hores (segons **Heras**, 1.984, i **Gil-Fournier**, 1.989).

Per la seva part, el Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, **CEOTMA** (1.984), esmenta que "para las zonas tormentosas del Levante y Sureste, la precipitación diaria se reparte en dos horas o menos", és a dir, que la pluja recollida en 1 hora equival, com a mínim, al 50 % del total diari.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

Al Maresme es va procedir a la comparació de les escasses dades sobre intensitats horàries màximes recollides en l'observatori de Cambrils amb el total de la pluja recollida aquell mateix dia en 24 hores en aquest observatori. Es va constatar que, per pluges més o menys copioses (a partir de 30 mm/dia), la intensitat màxima horària tendia a ser de l'ordre del 50 % del total diari (de vegades, el 80 % o més), sobretot en els mesos de tardor, tot estant d'acord amb el proposat pel **CEOTMA**. Ja que els càlculs estadístics precisen de les pluges màximes anuals recollides en 24 hores, és a dir, de valors elevats, **es va prendre com a intensitat màxima esperable per un període de retornament T determinat, el 50 % del valor esperable en 24 hores per aquest mateix T.**

En el Maresme, els valors extrems de la sèrie de pluges màximes anuals recollides en 24 hores segueixen una distribució diferent a la dels valors més inferiors, de tal manera que les rectes de regressió resultants tenen un pendent major (figura 13). Això vol dir que, per pluges esperables per períodes de retornament llargs, hem de prendre aquests valors més extrems, ja que els resultats seran més elevats que prenent tota la sèrie.

Les intensitats de pluja esperables en 24 hores per cadascun dels diferents observatoris del Maresme es van calcular a partir de la mitja aritmètica dels valors obtinguts, pel Mètode de Chow, de les sèrie de màximes anuals, de la de pluges d'intensitat iguals o superiors a 50,0 mm i de la sèrie de valors màxims absoluts extrets de la segona sèrie anterior, els quals segueixen una llei de distribució diferent (figura 9). El llistat que es va obtenir va ser el següent:

	<u>Alella</u>	<u>Aremar</u>	<u>Aremunt</u>	<u>Argent.</u>	<u>Cabrils</u>	<u>Calella</u>
T ₂	63.5	63.4	68.2	69.2	60.0	70.1
T ₅	86.1	92.0	93.9	98.1	84.6	99.6
T ₁₀	100.3	110.9	107.6	114.6	102.5	107.8
T ₂₅	124.4	140.5	133.4	144.0	123.6	141.4
T ₅₀	141.3	162.5	152.6	165.7	139.3	162.8
T ₁₀₀	158.1	184.3	171.6	187.4	154.8	184.0
T ₂₀₀	174.9	206.0	190.6	208.9	170.3	205.3
T ₅₀₀	196.9	234.7	215.6	237.3	190.7	233.2
	<u>Dosrius</u>	<u>Masnou</u>	<u>Mataró</u>	<u>Teià</u>	<u>Tordera</u>	<u>Vilamar</u>
T ₂	66.0	59.5	60.9	65.1	68.5	73.3
T ₅	89.9	88.6	85.7	91.1	101.4	115.2
T ₁₀	107.0	110.9	98.3	110.3	120.1	143.0
T ₂₅	128.6	138.8	115.5	135.8	151.9	178.1
T ₅₀	144.7	159.4	128.3	154.6	175.5	204.1
T ₁₀₀	160.6	179.9	141.0	173.4	198.9	230.0
T ₂₀₀	176.5	200.4	153.7	192.1	222.2	255.7
T ₅₀₀	197.4	227.3	170.3	216.7	253.0	289.7

Figura 13: Intensitats de pluges esperables en 24 hores pels diferents períodes de retornament en els 12 observatoris del Maresme.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

Al comparar els valors de les estacions de Teià, Alella i el Masnou entre sí, es dedueix que les pluges esperables pels diferents períodes de retornament (excepte T_2 i T_5), són un 5 % superiors en el Masnou que en els pobles “de dalt”, mentre que, per períodes de temps iguals o superiors a T_5 , són un 5 % menors. Això també es confirma en les estacions d'Arenys de Mar-Arenys de Munt; a la parella Argentona-Dosrius, aquest segon observatori té uns valors entre un 10 i un 15 % inferiors al primer, a causa, se'ns dubte, de la situació del poble de Dosrius, entre dos contraforts muntanyencs paral·lels a la costa.

Aquest fet podria explicar-se perquè les pluges de períodes de retornament curt, és a dir, amb una alta probabilitat de recurrència, són de tipus orogràfic, la qual cosa implica una precipitació més acusada prop de la serra; les pluges de períodes de retornament llargs es donarien a les llevantades de finals d'estiu i de tardor, essent molt més intenses que les anteriors i que acostumen a produir precipitacions molt localitzades, sobretot al litoral estricte.

4.8. Cabals d'avinguda obtinguts

A continuació s'exposa el llistat dels cabals obtinguts per $T=10, 50, 100$ i 500 anys de les 25 rieres més importants del Maresme, comparant-los amb els del Pla d'Obres i Correccions de la Generalitat de Catalunya de l'any 1.985.

Riera	T_{10}	T_{50}	T_{100}	T_{500}	T_{500}'	P.O.C.
de Sant Jordi	26.6	37.2	41.7	52.2	57.4	
d'En Font	40.7	57.0	63.9	80.1	88.1	
d'Alella	91.4	127.8	143.6	179.7	197.7	120
de Teià	55.8	78.6	88.2	110.6	121.6	
de Premià	32.1	45.2	50.7	63.4	69.7	95
d'Amell	47.6	68.9	77.7	98.5	108.1	
de Vilassar	49.4	67.6	75.4	93.3	102.6	
de Cabrils	38.3	52.4	58.4	72.3	79.5	
d'En Cintet	14.1	19.4	21.5	26.6	29.2	
de Cabrera	24.9	35.1	39.5	49.4	54.3	
d'Argentona	233.3	327.0	366.3	457.8	503.6	
de Sant Simó	37.2	53.9	60.9	77.1	84.9	120
de Llavanes	45.3	61.8	69.2	85.5	93.9	140
de Sant Vicenç	12.6	18.2	20.6	26.0	28.5	
del Gorg	18.8	26.9	30.3	38.1	42.0	
de Caldetes	48.6	69.5	78.5	98.9	108.7	
d'Arenys	81.2	116.4	131.3	165.6	182.1	210
de Pau Costa	13.9	20.7	23.4	29.5	32.4	
de Canet	45.3	64.8	73.2	92.4	101.6	80
de Sant Pol	179.1	264.8	299.3	374.7	412.3	
de Calella	48.9	74.4	84.2	104.9	115.3	110
dels Frares	22.2	33.7	38.2	47.6	52.4	
de Pineda	80.0	121.3	137.5	171.3	188.5	260
de Santa Susanna	44.6	66.8	75.6	95.3	104.8	
de Palafolls	51.2	75.2	85.5	109.1	120.0	

Figura 14: Cabals punta calculats per diferents períodes de retornament i comparació amb els proposats pel Pla d'Obres i Correccions de la Generalitat de Catalunya.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

Com es pot veure en la figura 14, els resultats donats pel Pla d'Obres i Correccions són bastant diferents als calculats. Però si es comparen amb la recta estimada en l'esmentat Pla per les avingudes màximes en la Conca del Pirineu Oriental, es veu que la coincidència és notable (figura 15):

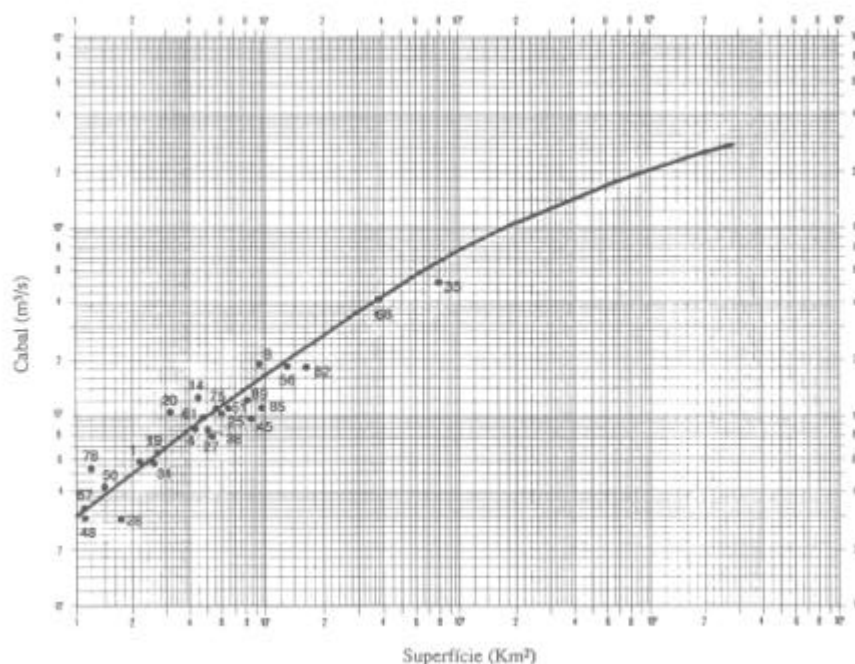


Figura 15: Comparació entre la recta estimada per les avingudes màximes en la Conca del Pirineu Oriental i els cabals màxims (Q_{500}) calculats en la Tesi de Llicenciatura d'en Josep Gutiérrez.

La majoria dels punts que es troben sota la recta de la figura 15 corresponen a rieres amb pendents i/o coeficients d'escolament baixos (inferiors a 7,7 % i 0,43, respectivament), gran part de les quals són les de major superfície de conca (Pineda, Santa Susanna, Sant Pol, Argentona, ...); no obstant, la Riera de Sant Pol, que aconsegueix els dos criteris abans esmentats, coincideix perfectament amb la recta proposada pel Pla. Quasi tots els punts que queden per sobre pertanyen a conques amb pendents i/o coeficients d'escolament elevats (superiors al 10,5 % i 0,63, respectivament).

Una dada prou significativa és que en el Pla d'Obres i Correccions s'esmenta que el cabal màxim enregistrat en la Riera d'Arenys és de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ (sense citar la data de la rierada ni el mètode emprat per a calcular aquest valor), amb una vinguda màxima estimada de $210 \text{ m}^3/\text{s}$. Aquest valor correspondria a l'avinguda de 3 anys segons els treballs que vaig realitzar el 1.992. La rierada dels 500 anys tindria un cabal de $182,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

5. BIBLIOGRAFIA ESMENTADA EN AQUEST ESCRIT I ALTRES D'INTERÈS

AYALA CARCEDO, F.J. (1.987): Introducción a los riesgos geológicos. In: *Riesgos Geológicos*, pp. 3-19. IGME, Madrid.

BERGA CASAFONT, L. (1.984): *Avenidas: actuaciones en los cauces y sistemas de previsión y alarma*. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 69 pàgs.

BERGA CASAFONT, L. (1.987): Las inundaciones: sistemas de alarma y previsión. In: *Riesgos Geológicos*, pp. 145-152. IGME, Madrid.

CEOTMA (1.984): *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. Serie Manuales, 3. MOPU: Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. 572 pàgs. Madrid.

CIRUGEDA GUARDIOLA, J. (1.984): *Métodos directos de evaluación de avenidas*. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 18 pàgs.

CUSTODIO, E. I LLAMAS, M.R. (1.983): *Hidrología subterránea*. Ed. Omega. 2 volums, 2.350 pàgs. Barcelona.

GENERALITAT DE CATALUNYA (1.983): *Pla d'Obres i Correccions a fer a la Xarxa Hidrològica de Catalunya. Obres de defensa i correcció i proposta de previsió d'avingudes*. Memòria i Annex. 218 pàgs i 250 fitxes d'inventari. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Barcelona, 1.983.

GENERALITAT DE CATALUNYA (1.990): *Document de Planejament Urbanístic de la Regió I*. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Barcelona, 1.990.

GIL-FOURNIER CARAZO, A. (1.989): *Las avenidas*. Apunts de classe del Seminari d'Hidrologia Subterrània i Superficial del Curs de Tècnics de l'Aigua. Barcelona. 20 pàgs.

GUTIERREZ i CAMARÓS, J. (1.989): *Les avingudes: origen i càlcul del risc associat dins l'àmbit de l'Ordenació del Territori*. Memòria interna del Departament de G.P.P.G. de la Facultat de Geologia de Barcelona. 41 pàgs.

GUTIÉRREZ i CAMARÓS, J. (1.992): *Les rierades del Maresme: problemàtica de la interacció entre els medis natural i antròpic com a pas previ per a l'ordenació de l'espai torrencial*. Tesi de Llicenciatura de la Facultat de Geologia de Barcelona. 167 pàgs.

HERAS RODRÍGUEZ, R. (1.984): *Normas de cálculo de máximas avenidas*. Curso de avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 46 pàgs.

JORNADA DE RIERES

Can Leonard, Alella, 4 de juny de 2.004

JUNTA D'AIGÜES DE CATALUNYA (1.985): *Memòria del Pla Hidrològic dels Pirineus Orientals. El Maresme*. Memòria interna de la Junta d'Aigües de Catalunya. Inèdit.

MARTIN VIDE, X. (1.984): Interpretación de los mapas del tiempo. *Col.lecció Amplia, nº 1*. Ed. Ketrés. 147 pàgs. Barcelona.

MARTÍN VIDE, X. (1.985): Pluges i inundacions. *Col.lecció Ventall, nº 5* Ed. Ketrés. 132 pàgs. Barcelona.

MARTÍNEZ GOYTRE, J. (1.989): *Las avenidas: un proceso geológico natural*. In: *3er curso de Riesgos Geológicos* (Annex). IGTME, Madrid. 20 pàgs.

MIRÓ I FARRERONS, J. (1.991): Avingudes, rieres i planejament urbanístic. *Memòries del II Seminari de Gestió Ambiental de la ICHM* (Sistemes i recursos naturals al Maresme: Planificació i Gestió). 8 pàgs.

MIRÓ-GRANADA GELABERT, J. (1.983): *Situaciones meteorológicas causantes de las avenidas en el Mediterráneo Occidental*. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 43 pàgs.

NOVOA RODRÍGUEZ, M. (1.979): *Estudio de máximas avenidas en la cuenca del río Tordera*. Memòria interna de la Junta d'Aigües de Catalunya. Inèdita.

NOVOA RODRÍGUEZ, M. (1.984): *Las avenidas en Cataluña*. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 16 pàgs.

PELAGIO I BRUALLA, M. (1.998): Les rierades del Maresme. Planejament, gestió i risc d'avingudes. *Col.lecció Monografies Geogràfiques*. Ed. Congrés. 220 pàgs. Barcelona.

TÉMEZ PELÁEZ, J.R. (1.983): *Normas de cálculo de máximas avenidas*. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 46 pàgs.

TÉMEZ PELÁEZ, J.R. (1.984): *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas*. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 16 pàgs.

TOMÁS QUEVEDO, A. (1.963): Causas meteorológicas de las inundaciones de septiembre de 1.962 en el Bajo Vallès, Llano de Llobregat y la Maresma. *Estudios Geográficos*, XXIV, 91: 137-146. Madrid.

VILARÓ, F. (1.983): Plan de obras y correcciones en la Red Hidrológica de Cataluña. Curso de Avenidas. Departamento de Hidráulica de la E.T.S.I.C.C.P. de Barcelona. 26 pàgs.

VILLARROYA ANTON, M. (1.986): *Estudio hidrogeológico del acuífero costero del Maresme Sur (Barcelona)*. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona, 2 volums. Inèdita.