

Antecedentes para una historia de las avenidas en los ríos del Pirineo Oriental^(*)

Por ANTONIO LOPEZ BUSTOS

Ingeniero de Caminos, C. y P.

Acompañados de los comentarios y aclaraciones estimados como necesarios al caso, se hace una recopilación de cuantos datos puedan aportar utilidad efectiva para nutrir al máximo posible la estadística de las crecidas de los ríos del Pirineo Oriental entre los años 1900 y 1979, al mismo tiempo que se homogeinizan los valores de las distintas procedencias para formar un núcleo coherente a base de los caudales máximos, medios diarios e instantáneos ($Q_c - Q_{ci}$) de cada crecida, cuyos valores se acompañan del indicativo sobre su procedencia, por lo que pueda significar en la apreciación de quien los utilice.

1. ACLARACIONES PREVIAS

En la *Revista de Obras Públicas* del mes de marzo de 1972, apareció el artículo con análogo título, referente a las avenidas del río Ebro. Aclarábamos entonces que la «Historia» de las avenidas de un río, como la de muchas otras cosas, es muy difícil de darse por terminada adecuadamente, sobre todo cuando se arranca de unas fechas demasiado anteriores a su publicación y se utilizan datos extraídos dificultosamente de un pasado a veces excesivamente lejano, donde la investigación nunca puede darse por culminada al poder quedar siempre filones sin explorar, y que si llegaran a ser descubiertos, pueden señalar la necesidad de alguna rectificación parcial, quizá importante. Este es un contratiempo para el autor, que nunca debe ser descartado, pero que sería ampliamente compensado, si como es natural, se mejoran los resultados de su propósito.

No es aconsejable, por otra parte, retrasar la publicación hasta alcanzar un grado de seguridad que obliga a pasar aún más tiempo y alarga las dimensiones de los períodos de imprecisión. Por eso es necesario el título indicado de «Antecedentes de Historia», para lograr los dos objetivos que se persiguen: 1.º Escribir sin demora, lo más que se puede ya, de la Historia y 2.º Animar a los lectores e interesados en general, dejando las puertas insinuantemente abiertas, para dar entrada a posibles y nuevas aportaciones.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista, hasta el 31 de julio de 1980.

2. FUENTES DE INFORMACION Y PERIODO ABARCADO

En primer lugar, la información sobre las crecidas ocurridas en un río, debe sin duda buscarse en las noticias de sus estaciones de aforos. Las estaciones de aforos, sin embargo, han evolucionado apreciablemente a lo largo de su no muy larga historia, las más primitivas no merecen siquiera ese nombre y son mejor llamadas, puntos de referencia. Se pueden encajar así los hechos en cuatro períodos: Geológico, Antiguo, Medio y Moderno.

2.1. Período geológico.

No tiene interés para nuestros fines, pues queda prácticamente desfasado con la historia de la Humanidad actual, en tiempo y espacio, se mide en miles o cientos de miles de años y nos informa a trazos larguísimos, de los acontecimientos en los cursos de agua superficiales. No volveremos a hablar después de este período, cuya vigencia está lejana a las intenciones de nuestro estudio; sólo recordaremos anecdóticamente como episodio «reciente» la crecida más espectacularmente citada por la Humanidad, el diluvio bíblico que aconteció, al parecer, hace unos seis mil años.

2.2. Período antiguo.

No existían entonces más que señales de referencia de nivel del río en las crecidas excepcionalmente importantes y sin seguridad respecto a la constancia y asiduidad de las observaciones; sue-

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 1

Estación de aforos nº	12			52			13			16			531		
R í o L u g a r S K	Muga Boadella 179 Km2 - 2,4			Muga Castelló Ampurias 760 Km2 - 2,1			Fluviá Olot 128 Km2 - 2,8			Fluviá Esponellá 804 Km2 - 2,5			Fluviá Garrigas 909 Km2 - 2,1		
Caudal	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci
Fecha															
Oct -1907	390-Es	145-Es	2,15	1140-Es	600-Es	1,50	220-Es	140-Es	1,70	1600-Es	750-Es	2,20	1000-Es	800-Es	1,10
Sep -1913	398-Ex	166-AA	2,22			SD			SD			SD			SD
Dic - 17	118-Ex	49-AA	0,66			SD		16-RI	SA	225-Ex	90-RI	0,28			SD
Oct - 19	132-Ex	55-AA	0,74			SD	395-Ex	141-RI	3,08	312-Ex	125-RI	0,39			
Feb - 20	223-Ex	93-AA	1,24			SD	140-Ex	50-AA	1,10	212-Ex	85-AA	0,26			
Oct - 30	248-Ex	103-RI	1,37			SD	78-Ex	28-RI	0,62			SD			
Dic - 32	326-Ex	136-AM	1,82			SD	224-Ex	80-AM	1,75	1360-Ex	544-AM	1,69			SD
May - 36	77-Ex	32-AA	0,43			SD	67-Ex	24-AA	0,52	263-Ex	102-AA	0,32			
Se-Oct- 37	88-Ex	37-AM	0,50			SD	53-Ex	18-AA	0,41	250-Ex	100-Ex	0,31			
Sep - 38	235-Ex	98-AM	1,30			SD	142-Ex	51-AM	1,10			SD			
Oct - 40	355-Ex	148-AA	1,98	1200-Ex	600-Ex	1,58	230-Ex	82-Ex	1,80	1875-Ex	750-Ex	2,33	2000-EA	950-Ex	2,20
Abr - 42	314-Ex	131-AA	1,75			SD			SD			SD			
Dic - 43	74-AA	36-AA	0,41			SD			SD	437-AA	292-AA	0,54			
Feb - 44	98-AA	91-AA	0,55			SD			SD	663-AA	330-AA	0,84			
Sep - 49	110-AA	34-AA	0,61			SD			SA			SA			
Feb - 59			SA			SD	65-AA	24-AA	0,74	375-AA	145-AA	0,47			SD
Se-Oct- 59	340-AA	164-AA	1,90			SD			SA	395-AA	153-AA	0,49			SD
Dic - 60			SA			SD			SA	340-AA	96-AA	0,42			SD
Nov - 61	360-AA	215-AA	2,01			SD	120-AA	48-AA	0,94	570-AA	219-AA	0,71			SD
Ene - 62	164-AA	42-AA	0,92			SD			SA			SA			SD
Mar - 62	160-AA	91-AA	0,90			SD			SA	108-AA	44-AA	SA			SD
Oct - 62	120-AA	76-AA	0,66			SD		15-AA	SA	230-AA	77-AA	0,29			SD
Nov - 62	128-AA	84-AA	0,71			SD			SA	165-AA	69-AA	0,20			SD
Sep - 63	350-AA	136-AA	1,95			SD	112-Ex	40-AA	0,88	870-AA	219-AA	1,08			SD
Dic - 63	56-AA		SA			SD	84-Ex	29-AA	0,66	460-AA	138-AA	0,58			SD
Nov - 64	136-AA	43-AA	0,77			SD			SD	240-IH	102-AA	0,30			SD
Dic - 64	109-AA	51-AA	0,59			SD			SD	340-IH	136-AA	0,42			SD
Sep - 65	112-AA	24-AA	0,62			SD			SD	216-Ex	87-AA	0,27			SD
Oct - 65	423-AA	109-AA	2,36			SD			SD	890-Ex	356-AA	1,11			SD
Feb - 67	145-AA	59-AA	0,86			SD			SA			SD			SD
Abr - 69	63-AA	36-AA	0,35			SD			SA			SD			SD
Oct - 70			SA	1100-EA	500-EA	1,45	95-AA	11-AA	0,74	1630-EA	650-Ex	2,02	1600-Ex	710-Ex	1,76
Dic - 71			SA			SD			SD	175-AA	105-AA	0,22	309-IH	187-AA	0,34
Mar - 72			SA			SD			SD	161-AA		SA	500-IH	181-AA	0,55
May - 72			SA			SD			SD	143-AA		SA	405-IH	202-AA	0,44
Jun - 72			SA			SD			SD	148-AA		SA	367-IH	175-AA	0,40
Oct - 72			SA	350-AA	114-AA	0,46			SA			SA			SA
Dic - 73			SA			SA			SA	211-AA	132-AA	0,26	360-IH	173-AA	0,40
Mar - 74			SA			SA	123-Ex	44-AA	0,96	164-AA	101-AA	0,20	320-IH	132-AA	0,35
Feb - 76			SA			SA				187-AA	145-AA	0,21	330-Ex	158-AA	0,36
Dic - 76			SA			SA	95-AA	40-AA	0,34			SA			SA
Ene - 77	36-AA	33-AA	SA	107-EA		SA	145-EA	96-AA	1,14	300-EA	150-AA	0,37	336-EA	170-AA	0,37
May - 77	44-AA	41-AA	SA	450-EA	253-AA	0,59	115-AA	46-AA	0,90	400-EA	200-EA	0,50	420-EA	200-Ex	0,46
Oct - 77			SD			SA	270-AA	80-AA	2,11	1200-AA	360-AA	1,49	1300-EA	430-AA	1,43
Abr - 78			SD			SA	76-AA	32-AA	0,59			SA			
Grm	88			225			70			235			250		

len contarse pocas cada siglo y naturalmente sin ideas concretas sobre los caudales desaguados, único medio para poder apreciar adecuadamente la avenida, a lo largo de su recorrido.

Durante este período que termina a principios del siglo XX, solamente se han podido extraer datos, en general puntuales, de las últimas y más señaladas crecidas, rellenando en su caso, los huecos para complementar la estadística a partir del año 1901.

2.3. Período medio.

Las observaciones se hacen diariamente y existen ya estaciones de aforos verdaderas, aunque

primitivas, consistentes en una escala o limnómetro que cada día es leído por el escalero. Por otra parte, realizando aforos directos en distintos estados del río, se puede obtener la curva de gastos o de tarado, que permite deducir el caudal del río que corresponde a cada nivel leído. Así se obtienen los llamados caudales diarios que normalmente se consideran como «medios diarios», si se toma la precaución de hacer las lecturas de escala a una hora elegida de antemano adecuadamente.

Normalmente, en las estadísticas de aforos, se emplea la notación Qc (o caudal de crecida) para designar el máximo caudal de los medios diarios de cada año o mes, lo que proporciona información directa para localizar y valorar las crecidas.

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 2

Estacion de aforos nº	33			19			27			9			20			80		
R í o	Ter			Ter			Riera Mayor			Riera Llemana			Oñar			Ter		
L u g a r	Ripoll			Sau			Villanova			Ginesta			Gerona			Torroella		
S - K	738 Km2 - 2,2			1.523 Km2 - 1,9			133 Km2 - 2,5			79 Km2 - 3,2			295 Km2 - 2,6			2.900 Km2 - 1,8		
Fecha caudal	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci
Oct -1907			SD	2000-Ex	1050-Ex	1,30			SD			SD			SD	1500-Ex	800-Ex	0,51
Oct -1919	530-Ex	240-RI	0,72	1100-Ex	578-Ex	0,72			SD	190-Ex	60-AA	2,40			SD			SD
Oct -20	230-Ex	105-AA	0,31			SD			SD	200-Ex	63-RI	2,50			SD			SD
Sep -26	33-Ex	15-AA	SA			SD			SD	158-Ex	48-RI	2,30	355-Ex	140-Ex	1,20			SD
Dic -32	919-Ex	418-Ex	1,24	1800-TH	863-AM	1,18			SD	205-Ex	64-RI	2,60	380-Ex	145-Ex	1,30	1400-GC	770-Ex	0,48
Nov -36			SD	375-Ex	197-AM	0,24			SD	86-Ex	27-AM	1,10			SD			SD
Se-Oct-37			SD	415-Ex	219-AM	0,27			SD	89-Ex	28-AM	1,13			SD			SD
Oct -40	1000-Ex	450-Ex	1,34	2350-GC	1237-Ex	1,54			SD	170-Ex	50-AM	2,10	300-Ex	110-Ex	1,61	2400-Ex	1340-Ex	0,83
Abr -42			SD			SD			SD	118-Ex	37-AM	1,50	220-Ex	85-Ex	0,75			SD
Dic -43			SD			SD			SD	117-RI	26-AA	1,48	215-Ex	80-Ex	0,72			SD
Feb -44			SD			SD			SD	99-AA	60-AA	1,25	185-Ex	70-Ex	0,63			SD
Jun -57	280-AA	128-AA	0,38	525-AA	261-AA	0,34			SD	137-AA	21-AA	1,73			SD			SD
Dic -58			SA	376-AA	248-AA	0,25			SD	54-AA	17-AA	0,68			SD			SD
Feb -59	420-AA	190-AA	0,57	954-AA	538-AA	0,63			SD	51-AA	16-AA	0,65	130-AA	50-AA	0,44			SD
Mar -59	400-Ex	181-AA	0,54	659-AA	376-AA	0,43			SD			SA	106-AA	45-AA	0,36			SD
Oct -59			SA	360-AA	305-AA	0,24			SD	120-AA	49-AA	1,52	169-AA	76-AA	0,37			SD
Mar -60	224-Ex	102-AA	0,30	452-AA	250-AA	0,30			SD	64-AA	23-AA	0,81			SA			SD
Oct -62			SA			SA			SA	112-Ex	35-AA	1,42	335-AA	104-AA	1,13	900-Ex	500-Ex	0,31
Nov -62	970-Ex	441-AA	1,31	790-AA	660-AA	0,52	195-AA	89-AA	1,46	74-AA	23-AA	0,93			SA			SD
Sep -63	634-Ex	228-AA	0,86	1300-AA	770-AA	0,85	211-AA	90-AA	1,59	182-Ex	57-AA	2,30	256-AA	143-AA	0,87	1340-Ex	740-Ex	0,45
Nov -63			SA			SA	105-TH	28-AA	0,80	60-Ex	19-AA	0,77			SA			SD
Dic -63			SA	260-AA		SA	101-AA	34-AA	0,76	70-Ex	22-AA	0,89	217-IC	63-AA	0,73			SD
Abr -64	253-Ex	115-AA	0,34	429-Ex	226-AA	0,28			SA			SA			SA			SD
May -64	250-Ex	117-AA	0,34	490-AA	208-AA	0,32			SA			SA			SA			SD
Dic -64			SA	365-Ex	192-AA	0,24	79-AA	38-AA	0,59	64-Ex	20-AA	0,81			SD			SD
Sep -65	300-Ex	136-AA	0,40	1250-TH	395-AA	0,82			SA			SA			SD	1260-Ex	700-Ex	0,43
Oct -65	205-Ex	93-AA	0,28	340-Ex	181-AA	0,23	205-AA	63-AA	1,54	114-Ex	35-AA	1,44	290-AA	143-AA	0,98			SD
Nov -68	560-Ex	254-AA	0,76			SD	165-TH	97-AA	1,24			SD			SA			SD
Mar -69	337-Ex	153-AA	0,46			SD			SA			SD	355-TH	92-AA	1,20			SD
Abr -69	270-Ex	123-AA	0,36			SD	199-AA	149-AA	1,50			SD	552-AA	206-AA	1,88			SD
Oct -70	1050-Ex	275-AA	1,42	1066-TH	400-AA	0,70			SD			SD	600-Ex	230-AA	2,00	1100-Ex	620-Ex	0,38
May -71	380-Ex	127-AA	0,38	390-Ex	205-AA	0,25			SD			SD	360-Ex	162-AA	1,22			SD
Sep -71	308-Ex	140-AA	0,42	220-Ex	116-AA	SA			SD			SD	450-Ex	190-AA	1,52			SD
Dic -71			SA	600-Ex	312-AA	0,39			SD			SD	300-Ex	290-AA	1,01			SD
Feb -72			SA			SA			SD			SD	260-Ex	100-Ex	0,88			SD
Dic -73	180-Ex	82-AA	SA	1000-AA	410-AA	0,66			SD			SA			SD			SD
Mar -74	365-AA	166-AA	0,49	875-AA	490-AA	0,57			SD			SA			SD			SD
Sep -75				787-AA	64-AA	0,52												
Feb -76				238-AA	137-AA	SA												
Dic -76			SA	405-Ex	260-AA	0,26			SD			SA						
Ene -77	238-Ex	108-AA	0,32	224-Ex	162-AA	SA			SD	70-Ex	30-AA	0,89	420-Ex	300-AA	1,42	1200-Ex	670-Ex	0,42
May -77	458-Ex	208-AA	0,62	304-AA	260-AA	0,20			SD	100-AA	29-AA	1,27	485-AA	260-AA	1,22			SD
Oct -77	550-AA	190-AA	0,74	400-AA	234-AA	0,26			SD	137-AA	38-AA	1,73	260-AA	165-AA	0,88			SA
Abr -78			SA			SA			SA			SA						SA
Qcim	220			355			72			49			120			560		

2.4. Período moderno.

Corresponde al uso de estaciones de aforos con limnógrafo, cuyo aparato registrador permite conocer los niveles del agua en cada instante (limnograma) y deducir los caudales correspondientes (hidrograma).

Al discurrir una crecida, el mayor caudal apreciable es así el máximo instantáneo (que abreviadamente se designa Qci), que se deduce directamente de la punta del limnograma, su valor excede en mayor o menor grado al máximo medio diario Qc, el cual, por otra parte, queda también debidamente conocido y con mejor exactitud que en el anterior caso.

El máximo medio diario Qc (normalmente expresado en metros cúbicos por segundo) viene a

representar el volumen desaguado por la avenida durante el día más fuerte ($V = Qc \times 86.400 \text{ m}^3$). El máximo instantáneo representa el alcance de la avenida en sus momentos más acusados. En cierto modo puede decirse que Qci representa en nuestro caso el alcance máximo del agua y Qc informa considerando también la duración de las inundaciones.

Aunque puede haber criterios diferentes según los casos, parece que una avenida es más dañina cuando el área inundada es grande, que cuando el área es más pequeña, aunque las aguas persistan más tiempo. Dicho desde otro punto de vista, una casa de dos pisos, cuando ambos quedan inundados durante n horas, sufre más pérdidas (en general) que cuando sólo se inunda el primero, aunque las aguas permanezcan bastante más que n horas en la inundación.

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 3

Estación de aforos nº	26			15			62		
R I O	Tordera			Tordera			Tordera		
L U C A R	Llavinia			San Ceioní			Can Serrá		
S - K	35 Km ² - 3,7			125 Km ² - 2,2			802 Km ² - 2,1		
Fecha	Qc1	Qc	qci	Qc1	Qc	qci	Qc1	Qc	qci
Feb- 1944			SD	66-Ex	30-AA	0,53			SD
Nov- 1956			SD	44-Ex	20-AA	0,35			SD
Dic- 1958	52-Ex	14-AA	1,52						SD
Feb- 1959	55-Ex	15-AA	1,58						SD
Mar- 1959	37-Ex	10-AA	1,09						SD
Oct- 1959	55-Ex	15-AA	1,62	52-AA	26-AA	SA			SD
Mar- 1960	55-Ex	15-AA	1,62			SA			SD
Dic- 1960	55-Ex	15-AA	1,62			SA			SD
Nov- 1962	55-Ex	15-AA	1,62			SA			SD
Sep- 1963	52-Ex	14-AA	1,52			SA			SD
Nov- 1963	55-Ex	15-AA	1,62	58-Ex	26-AA	SA			SD
Dic- 1963	45-Ex	12-AA	1,30			SA			SD
Oct- 1965	52-Ex	14-AA	1,52	130-Ex	59-AA	1,04	250-Ex	119-Ex	0,31
Oct- 1966				210-IH	70-IH	1,68	290-Ex	138-Ex	0,36
Nov- 1968	89-Ex	24-AA	2,60	134-Ex	61-Ex	1,07	250-Ex	119-Ex	0,31
Mar- 1969	48-Ex	13-AA	1,42	106-Ex	48-Ex	0,85	305-IH	170-IH	0,38
Abr- 1969	92-Ex	25-AA	2,72	175-Ex	80-Ex	1,40	500-IH	250-IH	0,64
Oct- 1970			SA			SA	347-AA	175-AA	0,43
Dic- 1970	48-Ex	13-AA	1,42			SA			SA
Mar- 1971	41-Ex	11-AA	1,07			SA			SA
Abr- 1971	74-Ex	20-AA	2,21	81-Ex	37-AA	0,65	171-AA	120-AA	SA
May- 1971	110-Ex	30-AA	3,27	113-Ex	51-AA	0,90	215-AA	164-AA	SA
Sep- 1971	148-Ex	40-AA	4,35	185-Ex	84-AA	1,48	1230-AA	333-AA	1,60
Dic- 1971	74-Ex	20-AA	2,21	110-Ex	50-Ex	0,88	203-AA	159-AA	0,25
Ene- 1972	41-Ex	11-AA	1,20	67-Ex	31-Ex	0,54	133-AA	106-AA	SA
May- 1972	55-Ex	15-AA	1,62	88-Ex	40-Ex	0,70	198-AA		SA
Jun- 1972	33-Ex	9-AA	1,00			SA			SA
Sep- 1972	37-Ex	10-AA	1,10	81-Ex	38-Ex	0,65	265-AA	110-AA	0,33
Dic- 1973	44-Ex	12-AA	1,30			SA	298-AA	63-AA	0,37
Mar- 1974	33-Ex	9-AA	0,96	87-AA	10-AA	0,70	307-AA	77-AA	0,38
Abr- 1974				203-AA	22-AA	1,62	298-AA	157-AA	0,37
Sep- 1975	59-Ex	16-AA	1,73			SA	392-AA	232-AA	0,49
Ene- 1976			SD	72-AA	53-AA	0,58	400-AA	250-AA	0,50
May- 1976			SD	50-AA	25-AA	0,40	400-AA	244-AA	0,50
Ene- 1977			SD	72-AA	53-AA	0,58	400-AA	250-AA	0,50
Dic- 1977			SA			SA	540-AA	200-AA	0,41
Qcim -	28			66			250		

En la estación número 15 hay datos desde 1932 pero nunca se pasa de Qcim hasta 1944.

3. INTERVALO ABARCADO

Con lo que se ha dicho en el apartado anterior, queda establecido que la estadística que vamos a manejar comenzará en el año 1901. Su final se cerrará en 1978, último año completo transcurrido al terminar este estudio.

4. INDICES DE MEDIDA PARA UNA AVENIDA

Con lo expuesto se deduce que una crecida correctamente calibrada puede definirse por el caudal Q_c (máximo medio diario) o por Q_{ci} (máximo instantáneo) pareciendo éste, en principio, más representativo. Lo normal es registrar en la identidad de la misma ambos datos (habitualmente en metros cúbicos por segundo). Más expresivos técnicamente suelen ser estos valores divididos por la superficie de cuenca receptora (designados q_c y q_{ci} respectivamente) y que se miden así en metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado. Desde el punto de vista científico, son más útiles los valores q que los Q , particularmente los instantáneos para calibrar la avenida en sí y compararla con

otros puntos alejados del mismo río o inclusive de ríos diferentes.

Los valores de Q , sin embargo, entran mejor por la vista. Por ejemplo, cualquier zaragozano un poco curioso, sabe que en Zaragoza cuando el caudal del Ebro se acerca a 1.800 m³/seg., se presenta una avenida ordinaria y que si este caudal se llegara a duplicar, las cosas se pondrían algo serias, inclusive sabe también que normalmente el caudal del río es del orden de 100 a 300 m³/seg. En cambio, suelen sonarle a hueco esos valores divididos por la superficie de cuenca (unos 40.400 Km²), cifra de la cual, naturalmente, muchos tienen escasa idea.

Nosotros vamos a hacer figurar los tres valores Q_c , Q_{ci} y q_{ci} , los dos primeros por su mayor representatividad física y el tercero como índice de la fiebre máxima a lo largo de la crecida que a veces es una verdadera enfermedad para quien la padece y facilita la comparación con otros enfermos.

Los valores Q_c y Q_{ci} son indispensables los dos para una información completa, pues son medidas que una no puede deducirse de la otra (salvo como somera estimación). En cambio, q_{ci} y q_c se deducen de los anteriores si no figuran ante nuestra vista, con el simple conocimiento de la cuenca receptora S en el lugar de aforo.

5. HOMOLOGACION DE LAS AVENIDAS

Las diferentes posibilidades de vigilancia en el río, durante las crecidas, en los tres períodos o edades antes reseñadas, nos coloca ante diferencias que no se pueden ignorar y a veces tampoco superar.

La edad antigua, es decir, aproximadamente hasta los alrededores del año 1912 para nuestro caso, no puede ceñirse a las condiciones mínimas que ahora se consideran imprescindibles y solamente se han incluido datos de crecidas que, por su excepcional importancia, han dejado referencias concretas y traducibles a caudales. En la edad moderna los datos necesarios normalmente están a disposición de quien se interese por ellos con sus pares de valores Q_c - Q_{ci} y lo que de ellos quiera deducirse (q_c y q_{ci} , por ejemplo). En la edad media, que no termina al mismo tiempo para las distintas estaciones, solamente se dispone de Q_c .

La relación $Q_{ci}/Q_c = K$, depende de variadísimas circunstancias relativas al río, lugar de observación y naturaleza del temporal causante de la crecida. Sin embargo, Füller, como consecuencia de prolijos estudios, estableció el valor de $K = 1 + \frac{2,66}{S^{0,3}}$, donde S es la superficie de la cuenca re-

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 4

Estación de aforos no	17			37			35			44			47		
Río	R# Abancó			Congost			Mogent			Ripoll			Besós		
Lugar	Alguafreda			La Garriga			Montornés (La Roca)			Moncada			Moncada		
S - Q	35 Km2 - 3,5			158 Km2 - 2,8			177 Km2 - 2,8			242 Km2 - 2,6			1.032 Km2 - 2,0		
Fecha / Caudal	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci
Ago-Sep-1926			SD	380-Ex	136-AA	2,40	355-Ex	125-Ex	2,00	410-Ex	158-Ex	1,70	1000-IH	500-Ex	1,00
Mar-1928			SD			SA			0,55						
Mar-1930			SD	58-Ex	20-AA	0,37	112-Ex	40-RI	0,63						
Dic-1932			2,60	56-Ex	20-AA	0,35	102-Ex	37-AA	0,59			SD			SD
Nov-1934	91-Ex	26-AM	0,90			SA			SA			SD			SD
May-1936	38-Ex	11-AM	1,10	56-Ex	20-AA	0,35	62-Ex	22-AA	0,35			SD			SD
Nov-1936	38-Ex	11-RI	1,10			SA			SA			SD			SD
Sep-Oct-1937	31-Ex	9-AM	0,90			SA			SA			SD			SD
Oct-1940	70-Ex	20-AA	2,00	59-Ex	21-AA	0,37	80-Ex	8-AA	0,45			SD			SD
Dic-1943	42-AA	7-AA	1,20	80-Ex	13-AA	0,50	80-Ex	8-AA	0,45			SD	800-CC	400-Ex	0,80
Feb-1944	46-AA	23-AA	1,31	90-Ex	17-AA	0,57	85-Ex	18-AA	0,48			SD	840-CC	480-Ex	0,81
Ago-1950	43-RI	6-AA	1,20	87-RI	17-AA	0,55			SD			SD			SD
Nov-1951	42-RI	8-AA	1,20	85-RI	30-AA	0,54			SD			SD			SD
Feb-1959	38-AA	15-AA	1,09	45-AA	29-AA	0,29			SD			SD			SD
Sep-Oct-1959	37-AA	11-AA	1,06	51-AA	20-AA	0,32			SD			SD			SD
Dic-1960	33-AA	11-AA	0,95			SA			SD			SD			SD
Oct-1961			SA	100-Ex	36-AA	0,63			SD			SD			SD
Nov-1961	42-AA	12-AA	1,20			SA			SD			SD			SD
Sep-1962	41-AA	9-AA	1,17	135-AA	30-AA	0,85	350-Ex	125-Ex	1,98	1234-AA	475-AA	5,09	2345-AA	1170-Ex	2,27
Nov-1962	42-AA	26-AA	1,20	143-Ex	51-AA	0,90	340-Ex	120-Ex	1,92	910-AA	350-Ex	3,76	1872-AA	936-Ex	1,81
Sep-1963	48-AA	14-AA	1,40			SA			SD			SD			SD
Nov-1963	39-AA	17-AA	1,12	103-AA	41-AA	0,65			SD			SD			SD
Nov-Dic-1964	38-AA	7-AA	1,09	40-AA	10-AA	SA			SD			SD			SD
Oct-1965			SA	65-Ex	23-AA	0,41	82-Ex	29-AA	0,46	100-Ex	38-Ex	0,42	280-Ex	140-Ex	0,27
Nov-1968	28-Ex	8-AA	0,80			SA			SA			SA			SA
Mar-Abr-1969	42-Ex	12-AA	1,20	126-AA	52-AA	0,79			SA			SA	236-Ex	118-AA	0,23
Oct-1969			SA			SA			SA			SA	80-Ex	40-AA	SA
Oct-1970	51-AA	4-AA	1,46	94-AA	16-AA	0,60			SA			SA	195-AA	38-AA	SA
Abr-1971			SA			SA			SA			SA	138-AA	53-AA	SA
Sep-1971			SA	60-AA	8-AA	0,38	420-AA	40-AA	2,36	560-AA	42-AA	2,30	960-AA	107-AA	0,97
Dic-1971	45-Ex	13-AA	1,30	69-AA	35-AA	0,44			SA			SA	244-Ex	122-AA	0,24
Dic-1973	30-Ex	8-AA	0,86	64-AA	27-AA	0,40			SA			SA			SA
Abr-1974			SA			SA	90-AA	6-AA	0,51	149-AA	17-AA	0,61			SA
Sep-1974			SA			SA			SA			SA	116-AA		SA
Sep-1975			SA	61-AA	17-AA	0,39	10-AA	5-AA	SA	129-AA	15-AA	0,53			SA
										115-AA	25-AA	0,47		58-AA	SA
Sep-1976	31-Ex	9-AA	0,90	117-AA	20-AA	0,74			SA	149-AA	14-AA	0,61		43-AA	SA
May-1977	29-AA	5-AA	0,85	49-AA		SA	36-AA		SA			SA			SA
Jun-1977			SA			SA			SA	155-AA	6-AA	0,63			SA
Sep-1977			SA			SA			SA	164-AA	63-AA	0,68			SA
Qcim	30			60			65			103			280		

ceptora en kilómetros cuadrados. Este coeficiente ha sido aplicado en muchos lugares y países. Sin embargo, ya recientemente (diciembre de 1973), los ingenieros Antonio Gete y Francisco Javier Oncis, presentaron un documentado trabajo en la Sociedad de Investigación Industrial Eléctrica, titulado «Avenidas máximas en los ríos españoles, determinación, probabilidad y clasificación», en el cual, polarizándose las cifras para los ríos de España, se dedujo como más ajustado a este caso el valor de

$$K = \frac{5,91}{S^{0,3}}$$

Por lo que a nuestro caso se refiere y apoyados en los dobles valores Qc - Qci de todos los años posibles en cada estación de aforos analizada, del

Pirineo Oriental, se han deducido los valores K más frecuentes para cada una de ellas, los cuales dibujados sobre el gráfico de la figura 1, han servido para trazar la curva $K = f(S)$, que allí figura con el indicativo de P.O. Esta curva aparece comparada con las análogas de Füller (F) y de Gete Oncis (GO). Se observa con cierta lógica, que el valor K , es el menor para el amplio ámbito de Füller, aumenta al limitarse para España y se hace aún sensiblemente superior, al inscribirse en el Pirineo Oriental por aumentar el peso de las circunstancias locales, en conjunto cada vez más dominantes.

De esta manera la red de estaciones de aforos de la era moderna se ha podido ampliar con la incorporación de todos los casos de la media, lográndose una aceptable homologación al conocer el par

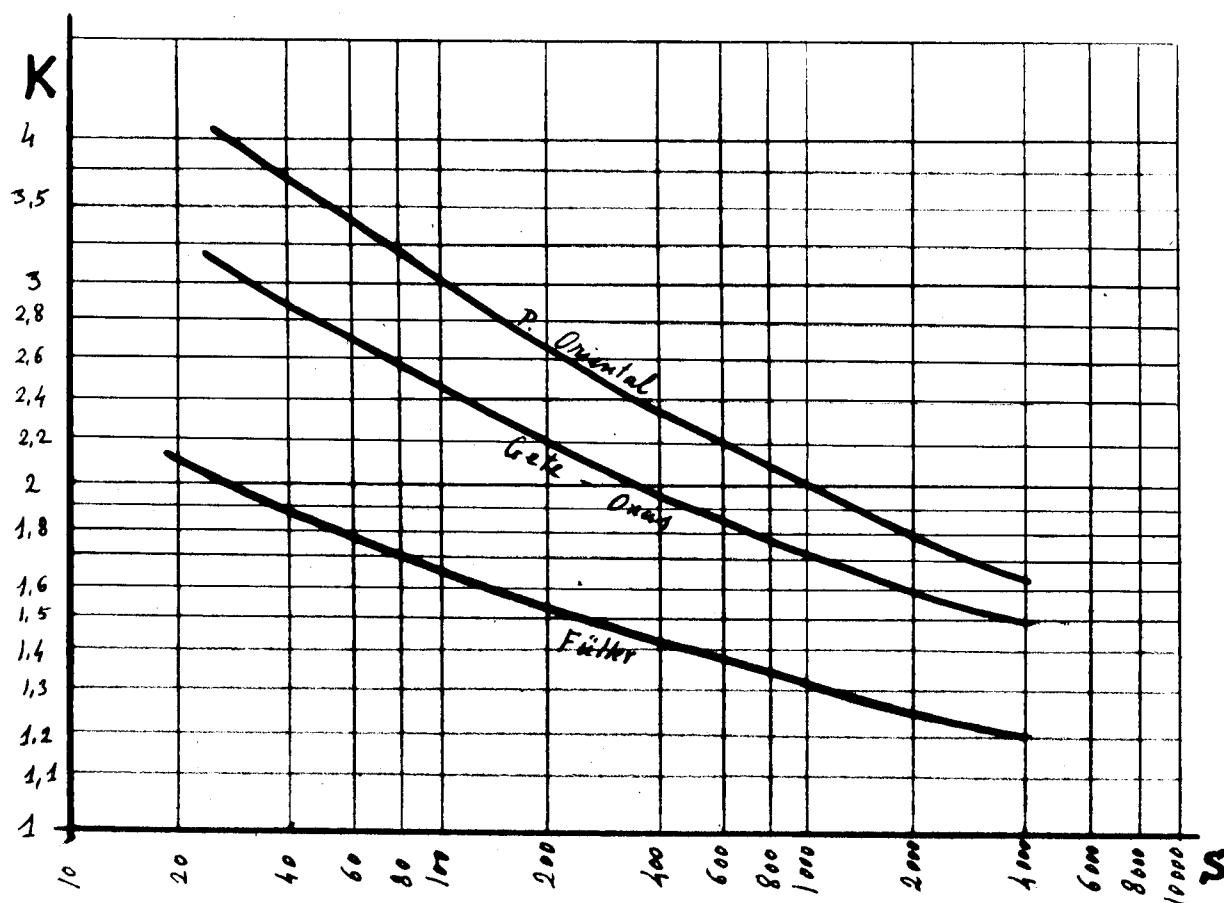


Figura 1.

de valores $Q_c - Q_{ci}$, que permite comparar y analizar todas las avenidas de ambos períodos en las indispensables condiciones para su estudio adecuado. Naturalmente que los valores Q_{ci} deducidos teóricamente deben siempre acatarse de manera diferente, puesto que la dispersión de los puntos que señalan los casos naturales conocidos es bastante notoria. En las estaciones de aforos con historial suficiente, se ha aplicado a cada una su K propia deducida del mismo. En las restantes estaciones se aplica la curva general de la figura 1 para el caso P.O. de la figura. Esta conducta garantiza así que el peso de estos datos siempre será de signo positivo y con el máximo ceñimiento a las circunstancias reales observadas en cada río y lugar de su curso.

6. COMENTARIOS SOBRE EL BINOMIO $Q_c - Q_{ci}$.

Antes de seguir adelante parece necesario señalar que en la fórmula de Füller, que liga los pares de valores $Q_c - Q_{ci}$ de una crecida, deberá aceptarse para Q_c el caudal medio diario motivado de Q_{ci} , pero no entre las horas cero y veinticuatro, sino en las veinticuatro horas que centren el hidro-

grama adecuadamente para que su área sea máxima, o criterio de análoga intención armonizando la situación de la punta de la avenida, con respecto a su base.

Sin embargo, en la estadística de aforos los valores Q_c recogidos corresponden lisamente al primer caso, ya que se refieren a cada día del año.

Pretender aquí algo más exacto, nos lanzaría al estudio minucioso de todos los hidrogramas disponibles y lo que es peor, obligaría a abandonar un gran número de casos por no disponer de los hidrogramas adecuados, sino simplemente de las medias diarias. La comparación de las tres curvas de la figura 1 parece indicar que aún pensando en las apuntadas conjeturas, el camino seguido señala una dirección sensiblemente correcta y sin duda de carácter positivo en nuestros intentos de aproximación a la verdad.

Se puede añadir además que en general la aportación del día en que pasa la punta de una crecida suele ser muy próxima a la máxima de las veinticuatro horas colindantes, tanto en casos propios de crecidas de gran duración (con varios días análogos), como inclusive en las más rápidas (con crestas de pocas horas o fracción).

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 5

Estación de aforos nº	21			25			1			2			11			4		
R I O L U G A R S - K	Cardoner Aguas Juntas 171 Km2 - 2,8			Cardoner Olius 254 Km2 - 2,6			Cardoner Cardona 643 Km2 - 2,2			Cardoner Manresa 1.332 Km2 - 1,9			Noya Jorba 217 Km2 - 36			Noya San Sadurnf 735 Km2 - 2,1		
Caudal	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci	Qci	Qc	qci
Fecha																		
Dic -1901			SD			SD			SD	370-Ex	200-Ex	0,28			SD			SD
Oct -1907	240-Ex	85-Ex	1,40	330-Ex	125-Ex	1,30	530-Ex	240-Ex	0,82	1140-EA	800-EA	0,84			SD			SD
Jun - 12															SD			SD
Sep - 13			SD			SD			17-AA			SA	185-Ex	52-Ex	0,85	550-Ex	260-AA	0,75
Oct - 19			SD			SD	365-Ex	165-RI	0,57	400-Ex	210-AA	0,30	260-Ex	72-Ex	1,20	790-Ex	379-RI	1,07
May - 21			SD			SD	320-Ex	147-RI	0,50			SA			SD			SA
Ago - 21			SD			SD			SA			SA	270-Ex	75-Ex	1,25	800-Ex	381-RI	1,09
Jul - 26			SD			SD			SA			SA			SD			SD
Sep-Oct-37	115-Ex	41-Ex	0,68	153-Ex	59-AM	0,60	200-Ex	91-AM	0,31	310-Ex	165-RI	0,23			SD	235-Ex	112-RI	0,32
Oct - 40	154-Ex	24-AM	0,90	198-Ex	76-AM	0,78	320-Ex	146-AM	0,50	190-Ex	100-AM	0,29			SD			SD
Abr - 42	123-Ex	44-AA	0,72	165-Ex	64-Ex	0,65	345-Ex	157-AM	0,54	385-AA	260-AA	0,29			SD			SD
Oct - 42			SA	114-Ex	44-RI	0,45			SA	582-EA	222-AM	0,43	162-Ex	45-AM	0,75			SD
Sep - 49			SA			SA			SA			SA			SA			SD
Mar - 51	92-Ex	33-RI	0,54			SD			SA			SA	94-AA	15-AA	0,43			SD
Dic - 59	104-Ex	36-RI	0,61	101-RI	18-AA	0,40		85-RI	SA			SA			SA			SD
Nov - 61			SA	125-AA	24-AA	0,49			SA			SA			SA			SD
Feb - 64	98-Ex	35-AA	0,57	72-AA		SA	100-AA		SA			SA			SA			SD
May - 64	106-Ex	38-AA	0,62	197-IH	70-AA	0,77	215-AA	58-AA	0,33	305-AA	117-AA	0,23			SA			SD
Mar - 67	84-Ex	30-AA	0,49			SA			SA			SA			SA			SD
Mar - 69	62-Ex	22-AA	SA			SA	438-Ex	199-AA	0,68			SA			SA			SD
Sep - 71			SA			SA			SA	360-AA	44-AA	0,27			SA			SD
Ago - 73			SA			SA			SA			SA			SA	282-IH	17-AA	0,38
Sep - 74		11-AA	SA			SA			SA			SA			SA	300-IH	87-AA	0,41
Qcim	83			110			200			360			98			220		
qcim			0,48			0,43			0,31			0,27			0,45			0,36

Las discrepancias suelen presentarse en crecidas de pocos días de duración y señaladamente distorsionadas, frecuentemente con más de una punta. Hay casos en que inclusive Qc y Qci no corresponden al mismo día. Se trata, pues, de casos poco corrientes que se eliminan de manera automática al quedar lejos de la zona densa de las nubes de puntos que se analizan, buscando los caminos más normales o frecuentes.

7. CATEGORIA DE LAS CRECIDAS SELECCIONADAS

Si se abre la mano, el número de crecidas señaladas aumenta en beneficio de la estadística, pero como suele decirse, el exceso de árboles puede perjudicar la vista del bosque. Tampoco es bueno seleccionar solamente avenidas demasiado singulares que reflejan tibiamente el conjunto que se quiere analizar. En todo caso se ha tenido en cuenta también, que la inclusión de avenidas menores favorece a algún lector que se interese por disponer de datos con vistas a la deducción de períodos de recurrencia, aunque esto sólo puede iniciarse a partir de los años que las señalen en el funcionamiento de los anuarios, prescindiendo de la llamada «Edad antigua». Entre el año 1901 y los alrededores

de 1915, pueden faltar varias crecidas medias y modestas.

Es así preciso establecer una barrera separadora de lo que vamos a aceptar como avenida, para nosotros interesante y lo que acercándose a ella por debajo deberemos descartar, separando el sí del no de una manera precisa, aunque en algunos casos ello no deba pesar con una excesiva rigidez, incompatible con todo lo que obedece a conductas apoyadas en las prolijas leyes de la Naturaleza.

Para establecer el límite que se busca, de crecida mínima, apoyados en el valor de Qci o qci , se han clasificado en orden a su magnitud, las avenidas de cada una de las estaciones de aforos con cuarenta años o más de estadística, apartándose como interesantes las 10 mayores en el caso de $n = 40$ años, o el 25 por 100 en el caso general $n > 40$, de esta manera quedan seleccionadas para tomar en consideración las crecidas con un período de recurrencia aproximadamente de cuatro años, o dicho con más cautela, de 25 sucesos cada siglo, definidas por los valores mínimos que llamaremos $Qcim$ o $qcim$, según los casos.

De la manera indicada se llega a distintos valores del límite $qcim$ que varían entre 1,00 y 0,16 según la extensión de las cuencas. Si en vez de dividir $Qcim$ entre S , se dividiera por S elevado a exponente n menor que la unidad, podría intentarse acercarnos a un valor único constante del límite,

8. RESUMENES BASICOS

Con lo expuesto hasta ahora entramos ya en la reseña de los datos que intentan definir cada avenida, ellos se exponen agrupados los ríos por cuencas, en distintos cuadros (numerados del 1 al 7), donde se incluyen los tres caudales representativos Q_{ci} , Q_c y q_{ci} , de cada crecida, los dos primeros en metros cúbicos por segundo y en metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado el tercero.

Como datos fijos de cada estación se indican la superficie de cuenca receptora S en kilómetro cuadrado y el coeficiente $K = Q_{ci}/Q_c$ más frecuente, así como también el valor Q_{cim} , en la última línea, de la avenida mínima. Las estaciones de aforos se definen en la cabeza de cada cuadro por su número, río y lugar, conforme a las notaciones de las redes hidrológicas vigentes en los anuarios correspondientes.

Junto a los valores Q_{ci} y Q_c se indica abreviadamente la procedencia de los datos conforme las siguientes abreviaturas:

AA = Anuario normal de aforos (Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental o Comisaría de Aguas, según fecha).

AM = Anuario múltiple de aforos, de 1932 a 42.

RI = Resumen interanual de aforos (Dirección General de Obras Hidráulicas, 1966).

EA = Estudio de avenidas de la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental e Instituto de Hidrología. F. Vilaró Rigol y M. Martín Arnáiz.

IH = Inventario de hidrogramas estudiados por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental. Ingenieros F. Montalbán y M. Novoa. Julio de 1975 y marzo de 1976.

GC = Geografía de Catalunya de Solé e Sabarís.

JC = Jaume Codina (Inundacions al delta del Llobregat).

CR = Caudales recopilados. Torán Tams. (Anteproyecto de encauzamiento del Llobregat)

Ex = Datos deducidos por extrapolación o interpolación.

ES = Avenidas «estimadas», apoyadas en referencias que las acotan.

MN = Montalbán-Novoa. Inundaciones del 18-19 de octubre de 1930 en el río Francolí, avenida de Sant Lluç. (Marzo de 1979.)

Otras abreviaturas:

SA = Sin avenida.

SD = Sin datos.

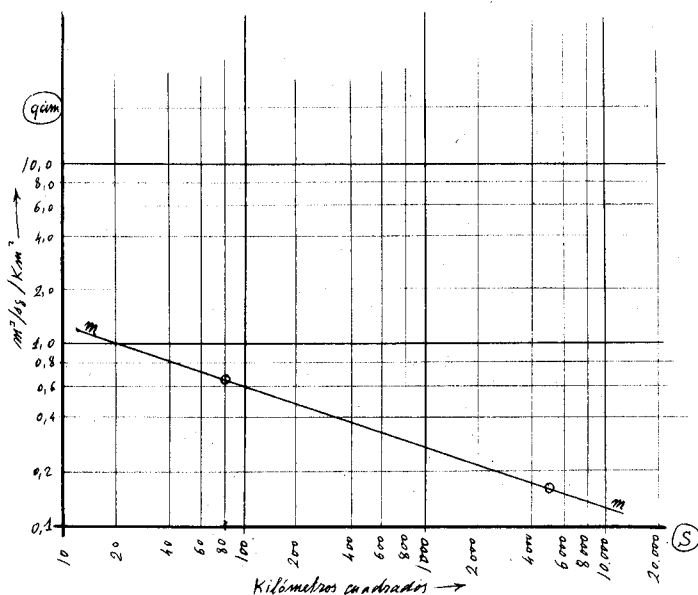


Figura 2.

definido por $\frac{Q_{cim}}{S^n}$ para todas las estaciones (coeficiente de Myer).

Sin embargo, es más cómodo para nuestro caso limitarse a dibujar en papel logarítmico cartesiano la nube de puntos así seleccionados de coordenadas $S - q_{cim}$ y trazar como eje del entorno una recta a través de las zonas más densas, la cual en nuestro caso queda definida por los dos puntos $S = 80 \text{ Km}^2$, $q_{cim} = 0.63 \text{ m}^3/\text{seg.}/\text{Km}^2$ y $S = 5.000$ kilómetros cuadrados, $q_{cim} = 0.16 \text{ m}^3/\text{seg.}/\text{Km}^2$ (figura 2).

Así, a cada estación de aforos definida por su superficie de cuenca S le corresponde en esa recta un valor que llamamos q_{cim} , que es el q_{ci} de la crecida mínima aceptada.

Naturalmente, a cada estación de aforos corresponde también un Q_{cim} de análoga vigencia, es decir, caudal máximo instantáneo de la mínima avenida aceptada como tal. El valor Q_{cim} así estimado en algunos casos veremos que se rebaja por circunstancias que se estiman justificantes, como puede ser una estación de aforos que queda corta de caudal entre otras vecinas francamente fuertes, o un Q_{ci} que corresponde a un Q_c más alto de lo normal revelatorio de crecida de poca punta pero importante por ser más duradera y otros casos similares. En los resúmenes de datos se hace figurar para cada estación el valor mínimo, Q_{cim} (en metros cúbicos por segundo), que sirve como referencia para sopesar las cifras de cada crecida reseñada.

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 6

Estación de aforos nº	30			66			31			23			5		
R i o	Llobregat			Llobregat			Llobregat			Llobregat			Llobregat		
L u g a r	Guardiola			Berga			Vilumara			Castellbell			Martorell		
S K	219 Km2 - 2,7			545 Km2 - 1,8			1.885 Km2 - 2,0			3.293 Km2 - 1,6			4.561 Km2 - 1,6		
Caudal	Qc1	Qc	qc1	Qc1	Qc	qc1	Qc1	Qc	qc1	Qc1	Qc	qc1	Qc1	Qc	qc1
Fecha															
Dic -1901			SD			SD	650-Ex	325-Ex	0,34			SD	1300-Ex	820-Ex	0,28
Oct -1907	153-Ex	100-Ex	0,71	370-Ex	300-Ex	0,68	1200-Ex	900-Ex	0,64	2700-Ex	1680-Ex	0,82	2785-Ex	2400-Ex	0,61
Sep - 13			SD			SD			SD	2400-Ex	1502-RI	0,73	1540-AA	1527-AA	0,34
May - 15			SD			SD			SD	615-Ex	385-RI	0,19	900-Ex	562-RI	0,20
Abr - 16			SD			SD			SD	790-Ex	493-AA	0,24			SD
Oct - 19	116-Ex	43-RI	0,53			SD			SA	1200-Ex	754-RI	0,37	1528-Ex	1500-RI	0,33
Feb - 21			SA			SD			SA			SA	1100-Ex	696-Ex	0,24
May - 21			SA			SD			SA		242-RI	SA	900-Ex	559-Ex	0,20
Ago - 21	114-Ex	42-RI	0,52			SD			SA			SA	950-Ex	596-Ex	0,21
Oct - 21			SA			SD			SA			SA	850-Ex	530-RI	0,19
Mar - 30			SA			SD			SD			SA	870-Ex	542-Ex	0,19
Dic - 32	137-Ex	51-AM	0,63			SD			SD			SA			SA
May - 36			SD			SD	584-Ex	292-AM	0,31	610-Ex	380-AA	0,19		289-AM	SA
Oct - 37			SD			SD			SD	600-Ex	351-AM	0,18	780-Ex	341-AM	0,17
Oct - 40			SD			SD	600-Ex	300-Ex	0,33	960-Ex	557-AM	0,23	2200-Ex	888-Ex	0,48
Abr - 42			SD			SD	542-Ex	339-AM	0,29	1100-Ex	535-AM	0,33	1850-Ex	870-Ex	0,40
Dic - 43			SD			SD	454-AA	137-AA	0,24	490-AA	201-AA	SA			SD
Feb - 44			SD			SD	473-AA	173-AA	0,25	530-AA	267-AA	SA	1500-Ex	550-Ex	0,33
Sep - 59	80-Ex	29-AA	0,37			SD			SA			SA	750-AA	300-AA	0,16
Dic - 59	140-Ex	52-AA	0,64			SD	238-AA	109-AA	SA	340-AA		SA	475-AA		SA
Sep - 62			SA			SD	160-AA	88-AA	SA	360-AA	193-AA	SA	1550-AA	462-Ex	0,34
Nov - 62	132-Ex	49-AA	0,60			SD	587-AA	272-AA	0,31	690-AA	418-AA	0,21	996-AA	626-AA	0,22
May - 64	154-Ex	58-AA	0,72			SD	294-AA	170-AA	SA	510-AA	291-AA	SA	490-AA	321-AA	SA
Sep - 65	60-AA		SA			SD			SD	575-AA	209-AA	0,18	763-AA	297-AA	0,17
Oct - 65			SA			SD	396-AA	165-AA	0,21	464-AA		SA	580-AA		SA
Mar - 67	113-Ex	42-AA	0,51			SD			SA			SA			SA
Mar - 69			SD			SD	231-AA		SA	476-AA	379-AA	SA	747-AA	614-AA	0,16
Abr - 69			SD			SD	257-AA		SA	569-AA	401-AA	0,17	740-AA	588-AA	0,16
Abr - 71			SD	214-AA	138-AA	0,39	245-AA		SA			SA			SA
Sep - 71			SD	158-AA	64-AA	0,29	1650-AA	422-AA	0,87	2300-AA	420-AA	0,70	3080-AA	578-AA	0,67
Dic - 71			SD			SA	662-Ex	331-AA	0,35	650-Ex	400-Ex	0,20	753-Ex	494-AA	0,18
May - 72			SD			SA	310-Ex		SA			SA	811-Ex	469-AA	0,18
Qc1m	95			180			420			600			750		

Las tres primeras fuentes AA-AM y RI corresponden a la estadística de aforos propia de las redes básicas. En las dos siguientes, IH y EA se aprovechan interesantes estudios realizados por la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental sobre los temas indicados. Las fuentes GC y JC se refieren a los datos extraídos de las documentadas referencias que se hacen en estas dos obras de diferentes alcances, pero hermanadas ambas por su notable interés y eficacia al tratar los correspondientes temas. La fuente CR se refiere al «Cuadro de recopilación» de datos de caudales, que como exhaustiva preparación se exponen previamente, en el estudio para encauzamiento del Llobregat antes citado. La referencia MN se refiere al logrado trabajo antes citado.

Finalmente, y haciendo punto aparte, nos referi-

mos a los datos señalados con Ex y con Es en los últimos lugares.

La denominación Ex, de datos deducidos por «extrapolación», en la mayoría de los casos deberían calificarse de «interpolación», por ejemplo en su aplicación más frecuente, consistente en deducir un Qc1 desconocido de un Qc conocido, utilizando el coeficiente K interpolado entre una nube de puntos, lo que hace más correcta la segunda denominación, así como se ha hecho en algún caso de encajar determinada crecida en una estación de aforos sin datos, entre otras dos que los tienen. En general, la extrapolación propiamente dicha no se ha aplicado, pues parece natural que el lector que lo precise, la haga de por sí, con arreglo a su propio criterio, que será mejor y más metódico al aplicarse solamente al caso que necesita y además

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 7

Estación de aforos nº	8			6			28			29			79		
Rio Lugar S K	Foix Foix 279 Km2 - 2,7			Gaya Querol 123 Km2 - 4,0			Francof Montblanch 338 Km2 - 2,4			Francof La Riba 450 Km2 - 2,3			Francof Tarragona 838 Km2 - 2,1		
Caudal Fecha	Qc1	Qc	Qc1	Qc1	Qc	qci	Qc1	Qc	qci	Qc1	Qc	qci	Qc1	Qc	qci
Ago -1921				310-Es	78-Ex	2,50			SD			SA			SD
Ago - 22			SD			SD			SD			566-Ex	245-AA	1,25	SD
Ago - 26			SD			SD			SD			270-Ex	117-AA	0,60	SD
Oct - 30		8-AA	SA				215-Ex	95-Ex	0,68			1580-MN	690-Ex	3,50	SD
Nov - 36	135-Ex	46-RI	0,48	76-Ex	19-AA	0,62	1094-MN	450-Ex	3,23			590-MN	250-Ex	1,31	SD
Dic - 43															
Sep - 49	213-RI	118-AA	0,76												
Sep - 52	235-RI	39-AA	0,84	115-RI	11-AA	0,93	119-AA	12-AA	0,35						
Sep-Oct 59															
Oct - 63				73-AA	10-AA	0,55	102-AA	38-AA	0,30						
Mar-Apr 69															
May - 70	150-Ex	52-AA	0,50	141-AA	25-AA	1,15									
Oct - 70	182-Ex	63-AA	0,65	120-Ex	30-AA	0,98									
Sep - 71			SA	90-AA	6-AA	0,73	192-AA	120-AA	0,57	220-MN	96-MN	0,49			
Sep - 72			SA	103-AA	13-AA	0,84			SA			SA			
Sep - 74															
Ene - 77	243-AA	40-AA	0,87	99-AA	8-AA	0,80			SA			SA			
			SA	75-AA	11-AA	0,60									
Qcim =	115			65			130			160			240		
qci =			0,41			0,53			0,38			0,36			0,49

orientado en el sentido adecuado al problema que tenga planteado.

La denominación *Es* solamente se ha aplicado en contados casos, donde solamente se sabe con certeza que pasó una crecida, en general grande, pero que de ella solamente se conocen determinadas acotaciones de volumen. Esto sucede, por ejemplo, en el célebre año 1907 para los ríos Fluviá, Muga y Ter, donde el único dato concreto es que pasaron grandes crecidas parecidas a las de 1940, pero sin alcanzar sus cotas. Finalmente, se sabe que en 1901 en el Llobregat hubo una crecida importante análoga a las de 1913. Para todos estos casos se han señalado caudales estimados según estas condiciones, con la seguridad de que tales datos así advertidos con las letras *Es* son mejor que el silencio, dentro de las circunstancias conocidas.

9. DATOS COMPARADOS

Si la estadística expuesta fuese más completa, bastarían los cuadros anteriormente reseñados para casi todo lo que razonablemente quepa esperar de esta materia, pero las cosas no siempre son como se desean y a veces quedan un poco en el camino sin llegar a la meta.

Como pretendido remedio a estas carencias, creemos oportuno bucear un poco en algunas cuestiones para poner de manifiesto el mayor número de matices que tiendan a impregnar en el tema al lector aplicado.

Como ejemplo nos remitimos al croquis de la figura 3, donde, sobre un plano general de las estaciones de aforos de estas cuencas, se valora la máxima crecida conocida de cada una. Para ello se señalan dentro del cuadro correspondiente tres renglones, en el primero figura el valor *Qci*, en el segundo el de *Qc* (ambos en metros cúbicos por segundo), y en el tercero la fecha del acontecimiento. Fuera del cuadro aparece la superficie *S* de cuenca receptora en kilómetros cuadrados, así como el nombre y número de la estación.

Puede observarse que en el río Gardoner y gran parte del Llobregat, la máxima crecida corresponde al famoso octubre de 1907, particularmente catastrófico no sólo en el Pirineo Oriental, sino tal vez más aún en sus vecinos, ríos Segre y Cinca, hasta inclusive en el alto Gállego. Tremendo temporal cuyo primer anuncio fue quizá el 23 de septiembre en Málaga, donde el río Guadalmedina ocasionó jornadas extremadamente dramáticas. Volviendo al Llobregat, el temporal duró prácticamente hasta el 17 de noviembre, en que ocurrió la última de las seis crestas de avenida que se iniciaron al parecer el 12 de octubre.

ANTECEDENTES PARA UNA HISTORIA DE LAS AVENIDAS DE LOS RIOS

CUADRO 8

Fecha o designación de la crecida	Caudales Q_{ci} en $m^3/\text{seg.}$ en cada estación de aforos				
	Ebro en Tortosa $S = 84.230$ (Km^2)	Cinca en Fraga $S = 9.612$ (Km^2)	Segre en Lérida $S = 11.369$ (Km^2)	Cardoner en Cardona $S = 643$ (Km^2)	Llobregat en Castellbell $S = 3.293$ (Km^2)
Ordinaria	4.000	1.200	1.300	200	600
Octubre 1907	12.000	3.900	5.200	530	2.700
Octubre 1937	10.000	2.600	3.600	200	600

Sin embargo, el caudal máximo instantáneo del Llobregat, en Martorell, de $Q_{ci} = 2.785 m^3/\text{seg.}$, cosa bien extraña, fue superado en septiembre del año 1971 por una aguda y breve punta de $Q_{ci} = 3.080$ metros cúbicos por segundo, al que correspondió el modesto valor diario de $Q_c = 578 m^3/\text{seg.}$, en tanto que en 1907 se estima $Q_c = 2.400 m^3/\text{seg.}$ como máximo caudal medio diario, que posiblemente se mantuvo durante bastante más de veinticuatro horas (quizá varios días), ya que a octubre de 1907 se le llamó en el delta del Llobregat el mes de las cinco riadas, que en realidad casi fueron seis, contando la del 17 de noviembre siguiente.

Pasando a otras fechas, llamamos la atención sobre el notable temporal de octubre de 1937 con lluvias tan intensas como las de octubre de 1907 (en algunos lugares más), aunque su duración fuera bastante menor. Sin embargo, en 1937 sólo se produjeron avenidas medianas en el Cardoner y modestas o nulas en el Llobregat, en contraste con el enorme impacto acusado en el Segre-Cinca e inclusive cabeceras del Gállego y Aragón, comparables con 1907 que se superaron inclusive en algunos lugares (Flamisé). La circunstancia de coincidencia de aquellas fechas con la guerra civil, ha producido una gran carencia de datos directos en las estaciones de aforos, pero las referencias indirectas dadas por los aprovechamientos hidroeléctricos y principalmente por el informe de E. Fontseré y F. Calcerán, han permitido confirmar con certidumbre las circunstancias apuntadas en el sentido de una incidencia con las lluvias, bastante frenada en el lado oriental a partir de las divisorias Segre-Cardoner y Cardoner-Llobregat.

Para completar esta comparación, en el cuadro 8 se hacen figurar en las estaciones de aforos más representativas de los ríos Cinca, Segre, Cardoner y Llobregat (superior), los caudales de la crecida ordinaria (estimada con $T = 4$ años) contrastados con los de las crecidas de 1907 y 1937. Para redondear el conjunto, se ha antepuesto a todas la estación del Ebro en Tortosa, cuya inclusión parece

oportuna, ya que tanto en 1907 como en 1937 las mayores aportaciones lo fueron por vía Segre (en Mequinenza los caudales del Ebro sólo alcanzaron $2.900 m^3/\text{seg.}$ en 1907 y 4.000 en 1937).

10. LAS CRECIDAS EN CADA CUENCA

En las estaciones de aforos con suficiente densidad de datos, es posible señalar las tres crecidas máximas registradas en su historia. Generalizando y con algunas reservas, puede también resumirse lo siguiente:

Ríos Muga y Fluviá. — Las máximas avenidas generales fueron por orden de magnitud las de los meses de octubre de 1940-1907 y 1970.

Río Ter. — También son los octubres de 1940-1907 y 1970 los más destacados, seguidos de cerca por diciembre de 1932.

Río Tordera. — Las crecidas máximas son la de septiembre de 1971 en primer lugar y de abril del año 1969 en segundo; sin embargo, el Tordera, en San Celoni, dio su máximo, aisladamente, en octubre de 1966.

Río Besós. — El otoño de 1962 se destaca tristemente en esta cuenca a la que se incorpora la Riera de Rubí. A gran distancia quedan agosto de 1926 y diciembre de 1913.

Ríos Cardoner y Noya. — Para el Cardoner el mes de octubre de 1907 fue el de máximas crecidas, al que siguen octubre de 1940 y abril de 1942. En el río Noya se registraron las mayores crecidas en septiembre de 1913 y agosto de 1921. Pero es preciso advertir que no hay datos del año 1907, con sus intensas y generales lluvias.

Río Llobregat. — Octubre de 1907 y septiembre de 1971, así como octubre de 1940, registraron, al parecer, las mayores crecidas, seguidas de septiembre de 1913, octubre de 1919 y abril de 1942.

En septiembre de 1962, y como consecuencia del gran temporal que asoló la zona del Vallés, ocurrieron acontecimientos violentos en el Llobregat, aguas abajo de la desembocadura de la Riera de Rubí.

Cuencas del Sur del Llobregat. — Son varios ríos, en general de menor cuenca y con escasa correlación entre sí. Estas circunstancias desfavorables significan una mayor necesidad de datos, que por otra parte son aquí más escasos. Por ello, no parece posible señalar nada concreto antes de pasar algunos años más. Solamente se puede destacar la máxima crecida del siglo en Tarragona, del río Francolí, los días 18 y 19 de octubre de 1930. (avenida de Sant Lluch).

11. ARRASTRES SOLIDOS Y MATERIAS EN SUSPENSION

Cuando se habla de una avenida, todos pensamos que simultáneamente a la misma, se produce una más o menos fuerte coloración de las aguas, debido a la masa de partículas procedentes de tierras erosionadas que entran en suspensión. Todos reconocen también implícitamente, que si se dice que entonces el caudal es $Q \text{ m}^3/\text{seg.}$ el volumen real de agua clara será $Q' \text{ m}^3/\text{seg.}$, algo menor que Q . En general, la diferencia puede despreciarse en comparación a los volúmenes de líquido que entran en juego, aunque pueda a veces ser más de lo que se piense.

Cuando las avenidas son marcadamente torrenciales por formarse muy violentamente, además de las partículas en suspensión, se desplazan importantes masas de arrastres sólidos formados por piedras que pueden llegar a volúmenes (y pesos) sorprendentemente grandes. El caudal Q entonces es más difícil de definir, pues a poca profundidad bajo la superficie de la corriente, pueden ir dinámicamente «flotando» bolos de tamaño de gravas gruesas que serán más voluminosas en las capas inferiores, así como «rodando» más abajo, piedras de tamaños a veces muy importantes, apoyados sobre un «fondo» aún movedizo, constituido por una masa de piedras lubricadas por el agua que las arrastra frecuentemente en forma de fluido untuoso de lodos más o menos densos. La frontera entre la masa fluyente y el lecho fijo del cauce es difícil entonces de precisar y va ascendiendo cuando disminuye la velocidad excepcional de la corriente superior al menguar la crecida.

Al estudiarse, por ejemplo, las crecidas catastróficas de las cuencas del Besós y Riera de Rubí en 1962, se llegó a la calibración de los arrastres sólidos, del orden de un 30 por 100 y mayores en algún caso.

Como consecuencia de las anteriores observa-

ciones, advertimos ahora que los caudales máximos que se indican en los cuadros, engloban el conjunto de aguas densas (o turbias con suspensión) y arrastres sólidos en su caso, que es lo que se ajusta mejor a los términos generales de deducción de todos los caudales aforados, producto de velocidades por secciones «mojadas». Además, las avenidas en general se confrontan desde el punto de vista de su peligrosidad y cualquier intento de segregación del factor arrastre sólido sería negativo en tales circunstancias.

Si un vecino sabe que las aguas pueden llegar a la puerta de su casa, nada le consolará el informarse que sin contar los arrastres sólidos ellas quedarían más lejos. Quizá más sensato es advertirle que por esta causa las aguas al retirarse puedan dejar una capa de gravas que si no se pueden retirar con pala inmediatamente, habrá de usar después incluso pico y bastante paciencia para remediar lo remediable.

Las ramas y árboles que suelen flotar durante las avenidas torrenciales e inclusive postes abatidos, son también arrastres sólidos que a veces obstruyen los puentes que se hacen peligrosos cuando las luces son menores de 10 metros, aunque teóricamente estén bien calibrados para el desagüe de los caudales que pudiéramos llamar «líquidos» en tales circunstancias.

12. CATEGORIA DE LAS AVENIDAS

Si estuviéramos creídos (que no es así) de tener reseñadas todas las crecidas superiores al límite definido por Q_{cim} , o al menos confiásemos en disponer de una parte importante del total, podría intentarse una catalogación atendiendo a la categoría de cada una de aquéllas.

Estamos, sin embargo, satisfechos del esfuerzo realizado, aunque sólo sea debido a nuestra modesta aspiración de que por lo menos no se pierda el terreno explorado y de que éste se amplíe en el futuro dentro de campos más uniformemente poblados, puesto que los años que vayan pasando no deben dejar de enriquecer las estadísticas ya en marcha, tarea ésta que prácticamente sólo constancia requiere.

De momento hemos de fabricarnos un banco de pruebas adecuado a las limitadas posibilidades actuales. Este va a ser el gráfico cartesiano de la figura 4, donde se toman como abscisas las superficies de cuenca de cada estación de aforos y como ordenadas los valores q_{ci} de cada avenida (máximos instantáneos específicos).

El límite inferior lo marca la recta $m m$, por debajo de la cual quedan las crecidas eliminadas por «insuficientes» (fig. 2).

CUENCAS DEL PIRINEO ORIENTAL

- máxima: avenida conocida -
(1900-1978)

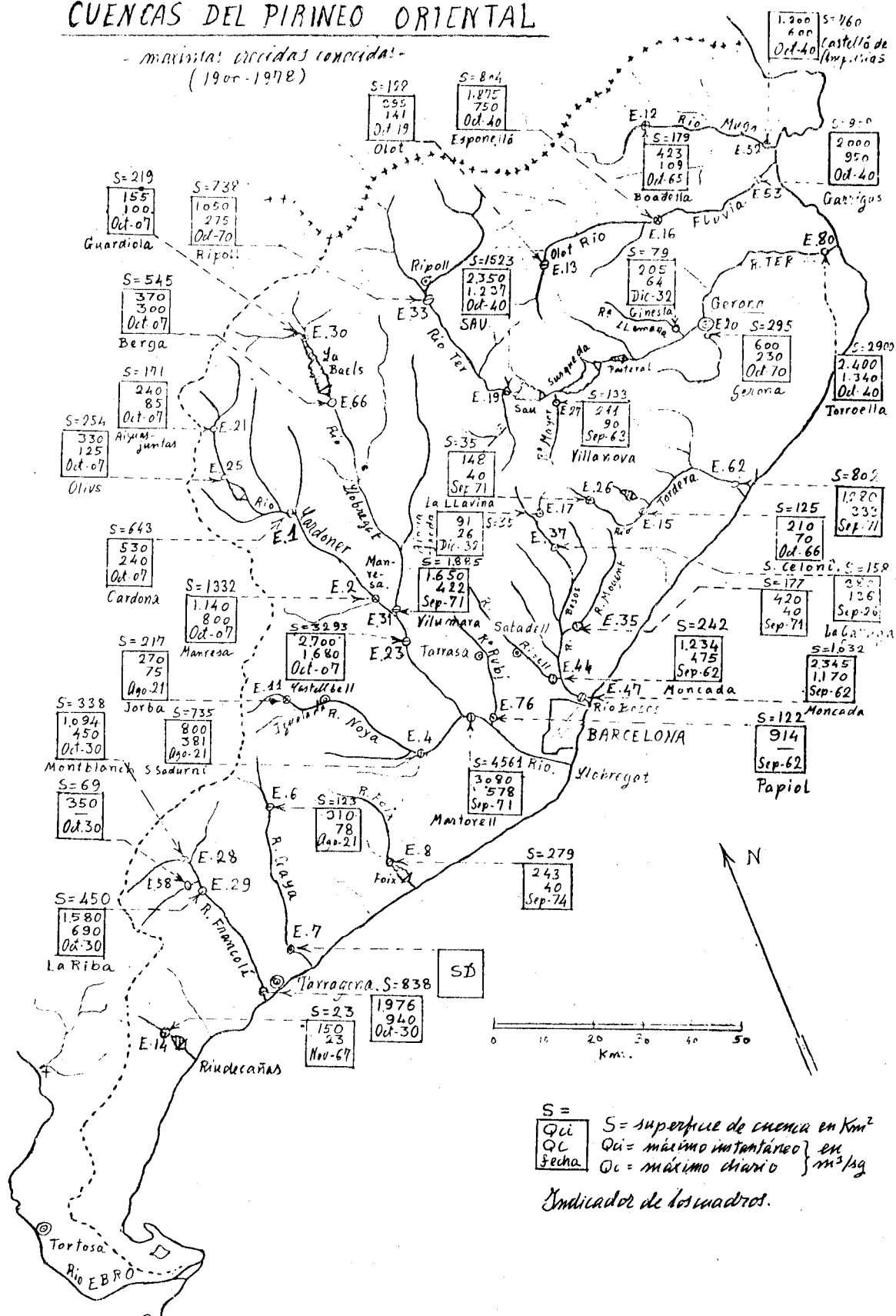


Figura 3.

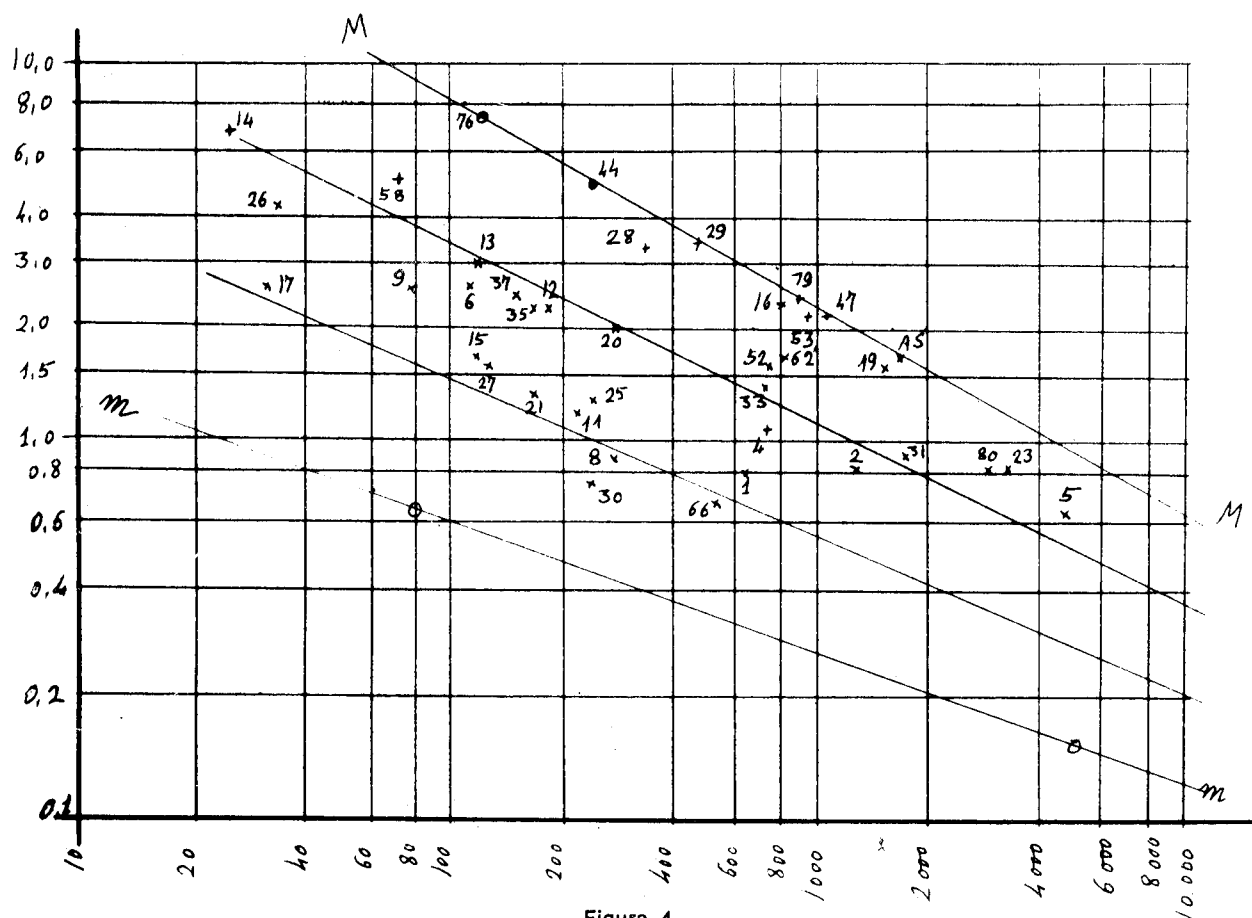


Figura 4.

Para no recargar en exceso el gráfico, dibujado a escala reducida por razones de espacio, se ha señalado solamente para cada estación de aforos (definida por su número) el punto correspondiente a su máxima crecida. La línea recta MM viene a envolver los máximos así registrados y es como el contrapunto de la recta mm . Estas dos líneas pueden, en principio, considerarse como los extremos de un haz que separa las distintas categorías de todas las avenidas acaecidas, en orden de lo que pudiéramos llamar su «violencia» (o análogo calificativo). Las líneas de este haz pueden aceptarse prácticamente como rectas, gracias a la escala logarítmica y los límites de su longitud, pues en realidad son cuerdas o segmentos rectilíneos de ramas hiperbólicas asintóticas a los ejes.

Entre las líneas mm y MM , los puntos dibujados están casi todos más próximos a la segunda que a la primera, ello es natural al haberse incluido solamente los máximos de cada estación. Si se dibujan todos los puntos, ocurriría lo contrario al ser las crecidas tanto más frecuentes cuanto menor sea su importancia.

El punto señalado «AS» es representativo del aliviadero de Sau, máximo desagüe del embalse y

su emplazamiento justifica el significado del mismo.

Para hacer una clasificación de las avenidas en un orden algo menos vago que su «violencia», sería preciso un estudio apoyado en mayor estadística, pues no podrían englobarse en único conjunto todos los ríos y aún cada río habría de ser separado en tramos con personalidad propia. Ello queda naturalmente fuera de nuestros actuales fines.

13. AVENIDAS Y SEQUIAS

La publicación de las historias sobre avenidas del Ebro, en 1972 y ahora las del Pirineo Oriental, así como nuestra más o menos frecuente comparación en trabajos sobre cuestiones relacionadas con la producción e intensidad de las crecidas en los ríos, no quisiéramos que se interpretara como una especie de obsesión sobre la amenaza de estos fenómenos y ello nos inclina a hablar algo sobre comparación y puntos de vista respecto a ambas calamidades de opuesto signo, como son avenidas y sequías.

Las avenidas son enemigos que atacan vigorosa

y rápidamente y las sequías son enemigos más insidiosos, con tenacidad incierta que puede llegar a límites desesperantes.

En el primer caso el enemigo obliga a un combate en general corto, en el cual vence o es vencido. En el segundo caso, como en el proverbio oriental el enemigo se sienta a la puerta de su casa esperando ver pasar el cadáver de su presunta víctima. En las crecidas se puede morir viviendo, que es lo normal, en las sequías se vive muriendo, que es anormal y peor.

Que sepamos, no se ha hecho balance formal sobre la cuestión, pero creemos poder decir que en el mundo durante los últimos n años, que podamos contemplar, han muerto por causa de las sequías más personas que por las avenidas de los ríos. Quizá haya algunas limitadas zonas donde este balance sea de signo contrario, pero en España será difícil encontrar esta clase de excepciones.

El desbordado aumento demográfico hace aumentar los problemas para los dos casos.

Con respecto a las crecidas, el aumento de víctimas es particularmente debido a la frecuente ocupación de terrenos poco seguros ante las inundaciones torrenciales, que por ser violentas e inesperadas (de largo retorno) propician esta conducta poco prudente.

Por lo que a la sequía se refiere, los problemas aumentan por dos causas:

a) La necesidad básica del agua, que crece proporcionalmente a la población, sin poder aumentar su disponibilidad al ritmo adecuado, ya que existe un límite que comienza a percibirse. Esta necesidad se refleja en efectos tan preocupantes como ya lo son el hambre y la sed.

b) La necesidad del agua para el progreso crece más que proporcionalmente al número de hombres y aunque a veces parezca un lujo, en muchos aspectos hace posible la vida dentro de densidades de población intolerables en otro caso.

Con lo dicho nos atrevemos a opinar que siendo preciso defenderse de las avenidas y de las sequías, por la importancia de ambas cosas, es preciso tener las ideas aclaradas de antemano, para

que al llegar un caso, no se olvide en el calor de la lucha, la existencia del otro, propiciando la caída en errores a lamentar posteriormente.

14. COLABORACION

Naturalmente que son importantes colaboradores en este estudio todos los autores de las obras y trabajos que se han citado al reseñar las abreviaturas empleadas para designar las fuentes de información. Tanto es así que sin ellos nos quedarían casi sólo los datos de los anuarios de aforos, cuya simple consulta sería quizá suficiente.

Hay que destacar particularmente los trabajos de investigación sobre referencias antiguas de niveles máximos alcanzados por crecidas notables, iniciados hace algunos años por los ingenieros Vilaró Rigol y Martín Arnáiz, desde sus puestos de trabajo en la Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y continuados después por sus sucesores, para deducir o al menos acotar los valores de los caudales mediante los adecuados estudios hidrológicos, todo lo cual requiere un gran conocimiento técnico de estas disciplinas y lo más difícil que es vocación, entusiasmo y tenacidad. Nunca olvidemos las palabras de un antiguo y exaltado profesor: Inútil trabajar si no se hace a gusto.

Nos permitimos citar particularmente el más reciente de estos trabajos que la experiencia hace cada vez más completos, titulado «Inundaciones del 18 y 19 de octubre de 1930 en el río Francolí. Avenida de Sant Lluch», realizado por los ingenieros de Caminos, Federico Montalbán y técnico de Obras Públicas, Manuel Novoa, donde además de definir la máxima crecida de lo que va de siglo, se dilata su retorno a cien años puesto que se deduce que fue mayor que la de septiembre del año 1874, llamada de Santa Tecla y considerada entonces como la mayor.

Sabemos también que los competentes y animosos autores citados, continúan sus trabajos, para poder seguir mejorando estas estadísticas, antes de que el tiempo borre los recuerdos aún vigentes, que faltos de consolidación, puedan pronto ser pasto del olvido.