

# Una aportación al estudio hidrológico del Llobregat

por JOSEP A. PLANA CASTELLVÍ \*

El presente trabajo acerca del río Llobregat lo dedicaremos especialmente al estudio de los factores hidrológicos y del régimen fluvial.

## I. FACTORES HIDROLÓGICOS

### A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

En cuanto a las características generales de la cuenca señalaremos brevemente algunos rasgos acerca de la situación, el relieve, la disposición de la red hidrográfica, los materiales geológicos y la vegetación.

La cuenca del río Llobregat se halla ubicada entre los 41° 17' y 42° 22' de latitud Norte, en el área nororiental de la Península Ibérica. Limita al norte con los Pirineos, al este con las cuencas del Ter y el Besós, al oeste con la del Segre y al sur con el mar Mediterráneo.

Sus 4.948,5 Km<sup>2</sup> de extensión se reparten, total o parcialmente, en comarcas con una acusada personalidad propia, entre las que señalamos el Berguedà, el Bages, el Solsonès, Osona, Anoia, el Alt Penedès, la Segarra, el Vallès occidental y el Baix Llobregat, como las más importantes por su área comprendida dentro de la cuenca hidrográfica.

La cuenca del río Llobregat se encuentra perfectamente delimitada en tres grandes unidades de relieve: el Pirineo, la Depresión central y el Sistema mediterráneo.

En el Pirineo y el Prepirineo se localizan las máximas alturas, destacando la Sierra del Cadí (2.647 m) y el Pedraforca (2.497 m). Por su parte, la Depresión central es un área más baja y monótona en relación con los sistemas montañosos que la flanquean y caracterizada por la existencia de plataformas horizontales, las más elevadas de 700 a 900 m de altitud (1).

(\*) Doctor en Geografía. Profesor encargado de curso del Departamento de Geografía de la Universidad de Barcelona.

(1) M. DE TERÁN y L. SOLÉ SABARÍS, directores, *Geografía regional de España*. Capítulo VII, *Cataluña*, Edit. Ariel, Barcelona, 1968. Véase también L. SOLÉ SABARÍS, director, *Geografía de Catalunya*, obra citada en la Bibliografía, al final del artículo.

En el sur nos encontramos con el Sistema mediterráneo, dividido a su vez en tres franjas perfectamente delimitadas: la Sierra prelitoral o del interior y la Sierra litoral; entre ambas se halla la Depresión prelitoral. Esta última aparece caracterizada por su gran actividad económica y fuerte densidad humana.

En conjunto podemos perfilar una altura media para la cuenca del río Llobregat entre los 650-800 metros, existiendo un gran contraste entre las llanuras del Bajo Llobregat y el Pirineo.

La estructura fluvial de la cuenca presenta una jerarquización en función del caudal de cada uno de sus miembros. Existen cauces que sólo esporádicamente llevan agua por su *talweg*; aparte de los torrentes, son la mayoría de las denominadas *rieries*, con un claro régimen de carácter pluvial. En un orden superior están los cauces con entidad fluvial propia; en este grupo se incluyen el Llobregat, el Cardener, el Anoia, etc., y algunas *rieries* como la de Rubí, Gavarresa y otras de menor importancia.

El principal río es el Llobregat, eje directriz de toda la cuenca y nexo de unión entre las diferentes comarcas. Su origen se encuentra en pleno Pirineo, en el punto denominado Fonts del Llobregat, a unos 1.280 metros de altura. En su primer trayecto se ve obligado a salvar fuertes desniveles, formando en su trazado abundantes desfiladeros, para posteriormente alcanzar la Depresión media o central.

El afluente principal es el río Cardener. Su origen se localiza asimismo en el Pirineo, a unos 1.050 metros de altitud, en el término municipal de Pedra i Coma, en la provincia de Lérida.

El segundo afluente en importancia es el río Anoia. Nacido en la comarca de Odena, a unos 550 metros de altura, muy próximo a los altos de la Penedella, desagua en el Llobregat, a la altura de Martorell, en el contacto con la Cordillera litoral.

En el área norte, correspondiente a los Pirineos, sobresale el roquedo paleozoico, formado a base de granito, pizarras, esquistos, cuarcitas, etc., y afloramientos secundarios de calizas. También aparecen manchas de margas azules del Eoceno marino y conglomerados del Oligoceno.

En la Depresión media la preponderancia de margas, areniscas y manchas de evaporitas del Oligoceno, hasta la vertical de Manresa, es total. Es a partir de este punto cuando las areniscas, margas azules y conglomerados calcáreos del Eoceno-Oligoceno marcarán la pauta en la composición de la Sierra prelitoral del Sistema montañoso mediterráneo.

Por su parte, la Depresión prelitoral se encuentra constituida por materiales también terciarios, con profusión de arenas margosas con cantos del Mioceno. En lo que respecta a la Sierra litoral aparecen terrenos primarios a base de granito, pizarras, esquistos, etc., y calizas del Secundario.

Por último, entre la Sierra litoral y el mar Mediterráneo aparecen gravas, arcillas, arenas y limos del Cuaternario (2).

En función de la altura y el alejamiento o proximidad del mar aparece una zonificación en la distribución de la vegetación. En la franja costera (Baix Llobregat, Sierra litoral y Depresión litoral), existe un claro predominio de las especies mediterráneas como son las encinas (*Quercus ilex*) y los pinos carrascos

(2) SERVICIO GEOLÓGICO DE OBRAS PÚBLICAS: *Estudio de los recursos totales del Pirineo Oriental de la zona centro*. Barcelona.

(*Pinus halepensis*) y un variado sotobosque o matorral a base de coscoja (*Quercus coccifera*), lentisco (*Pistacea lentiscus*), cada (*Juniperus oxicedrus*) y otras especies de menor importancia. El contraste de esta vegetación natural es muy marcado con el de la Depresión central y el Pirineo. En la primera aparece una variedad de encina (*Quercus ilex*, ssp. *rotundifolia*), adaptada a un verdadero invierno; en las umbrías nos encontramos con el pino salgareño (*Pinus clusiana*) e incluso el pino silvestre (*P. sylvestris*) (4). En el Prepirineo aparece una vegetación de montaña, una vez se han alcanzado los pinos montano y subalpino.

## B. CLIMATOLOGÍA

Estudiaremos, dentro de este apartado, los rasgos que presentan las precipitaciones y las temperaturas.

### 1. Las precipitaciones

La Organización Meteorológica Mundial recomienda que las series de datos climatológicos alcancen como mínimo un período de tres decenios (5). A fin de cumplir con tal norma hemos escogido las estaciones meteorológicas que más se aproximaban a dicha cifra (6).

Las fuentes consultadas tienen su origen en datos del Servicio Meteorológico Nacional; del Centro de Estudios Hidrográficos; del Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua y toda una serie de publicaciones de carácter geográfico en las que aparecían datos climáticos, que nos han permitido el relleno de lagunas en ciertas series estadísticas.

Las precipitaciones presentan claramente dos máximos, uno otoñal que suele ser el principal, y otro primaveral.

En el otoño, mínimos de presión se introducen en el Mediterráneo y dan origen a vientos tibios de componente Este que ocasionan el máximo de precipitación en el área oriental de la Península Ibérica y que afectan también a la cuenca del Llobregat. Una situación típica de tiempo, para esta época del año, es la que presenta una depresión centrada en el golfo de León, afectando de lleno al Mediterráneo occidental (7). Se producen lluvias abundantes y en ocasiones dan lugar a importantes crecidas e inesperadas inundaciones en los ríos mediterráneos.

La primavera presenta un tiempo revuelto por la sucesión de ciclones noratlánticos, dando lugar al segundo máximo pluviométrico en la cuenca del Llobregat.

Un comentario aparte merecen los máximos veraniegos. Estas precipitaciones

(4) Puede verse un estudio de las características físicas y biogeográficas de una comarca de la Depresión central, concretamente la del Bages, en la tesis doctoral de J. VILÀ VALENTÍ, *La comarca de Bages. El medio físico y la evolución humana* (Universidad Central de Madrid, 1956).

(5) ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL: *Guía de prácticas meteorológicas*. Ginebra, 1970. O.M.M. n.º 100. T.P. 44.

(6) Hemos trabajado con veintiséis estaciones meteorológicas, con un promedio de 30 años por serie estadística.

(7) Véase obras citadas en nota 1 a pie de página.

de verano son el resultado de las denominadas tormentas de calor, produciéndose lluvias torrenciales de escasa duración, pero de gran intensidad.

Destaca la escasa precipitación recibida por la Depresión central y en la costa (500-600 mm anuales). En contraste llama la atención la pluviosidad de las primeras estribaciones del Pirineo (Berga, 839 mm), para alcanzar, a mayores altitudes, superiores precipitaciones.

En consecuencia, podemos decir que existen unas áreas claramente definidas. Una lluviosa enclavada en el Pirineo y Prepirineo y algunos otros puntos aislados, con valores menos importantes, de la Sierra litoral. Por el contrario, aparece un área seca en la Depresión central y en la costa, reflejo de la escasa pluviosidad.

La distribución pluviométrica estacional muestra claramente el máximo otoñal en la mayoría de las estaciones estudiadas, aunque las situadas en estribaciones montañosas o en su proximidad es el verano el que alcanza la mayor pluviosidad, destacando los 281,0 mm en la Poble de Lillet, probablemente como consecuencia de las convecciones térmicas veraniegas que dan lugar a la formación de cumulonimbus, origen de tormentas locales importantes.

En la primavera, como ya hemos dicho anteriormente, la pluviosidad es el segundo período en importancia, de ahí los 250 mm en Berga o los 237 mm de la Poble de Lillet. Por el contrario, el invierno es el que en conjunto recibe menores precipitaciones, siendo éstas en forma nival en la zona de cabecera.

En base a las isoyetas hemos calculado la cantidad de agua caída por cuenca fluyente parcial (8). Aun a sabiendas de que no es un método perfecto, ello nos ha permitido la obtención de las precipitaciones mensuales y anual en Hm<sup>3</sup>, lo que indicamos en el cuadro I, que incluimos a continuación:

#### CUADRO I

#### LAS PRECIPITACIONES MENSUALES Y ANUALES

	Precipitaciones (Hm <sup>3</sup> )	Precipitación (mm)
Diciembre	251,719	50,1
Enero	142,721	23,3
Febrero	150,646	30,1
Marzo	260,769	54,4
Abril	301,674	59,9
Mayo	367,087	74,6
Junio	319,907	65,0
Julio	206,537	41,5
Agosto	318,212	64,9
Septiembre	407,047	82,0
Octubre	315,292	63,6
Noviembre	233,257	46,0
Año	3.274,897	660,0

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, M.O.P., *Centro de Estudios Hidrográficos*.

(8) G. CASTANY: *Tratado práctico de las aguas subterráneas*. Ed. Omega. Barcelona, 1971, p. 13.

Los parámetros mensuales obtenidos están en correlación con las medias máximas de los meses correspondientes. En efecto, septiembre con 407,047 Hm<sup>3</sup> y mayo con 367,087 Hm<sup>3</sup> son los meses que se destacan por su mayor pluviosidad.

Esta distribución queda claramente reflejada en los conjuntos estacionales. Otoño, con sus 955,627 Hm<sup>3</sup> representa el 29,19 % del total anual registrado. Por su parte, la primavera con 28,38 % y 929,531 Hm<sup>3</sup> es el segundo período en importancia por el valor de sus precipitaciones, según podemos ver en el cuadro II. El valor relativamente alto de las lluvias veraniegas se debe a las precipitaciones convectivas provocadas por el calor, de las que ya hemos hablado.

## CUADRO II

### DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DE LAS PRECIPITACIONES

	<i>Precipitaciones (Hm<sup>3</sup>)</i>	<i>Porcentaje anual</i>
Otoño	955,627	29,19
Invierno	545,086	16,64
Primavera	929,531	28,38
Verano	844,653	25,79
<i>Año</i>	<i>3.274,897</i>	<i>100,00</i>

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, M.O.P., *Centro de Estudios Hidrográficos*.

La sequía más importante se presenta en invierno, al ser la pluviosidad escasa, pues sólo se recibe el 16,64 % de las precipitaciones totales. Pero ha de tenerse en cuenta que este dato se refiere al conjunto de la cuenca —no es cierto, para el valle bajo— y también la observación que efectuamos a continuación.

En el estío los 844,653 Hm<sup>3</sup> tabulados, o sea, el 25,79 % anual, nos puede inducir a error, pues no olvidemos que es en esta época cuando se alcanzan las máximas temperaturas en la cuenca, lo que se traduce en una elevada evaporación y utilización biológica del agua recibida. La consecuencia es clara: el verano es el período en el que la sequía y estiaje se manifiestan en su máxima virulencia, singularmente en la cuenca media y baja.

## 2. Las temperaturas

De acuerdo con las estaciones meteorológicas térmicas consultadas puede verse que las temperaturas medias anuales oscilan, comparando los altiplanos y llanuras del área media, entre los 10,4° en Moià y los 16,6° en Olesa de Montserrat. Asimismo observamos que la cuenca, en su conjunto, es más fría hacia el norte y el interior, mientras la parte más cálida se localiza en la costa, zona que denota la influencia del mar Mediterráneo, dispositivo térmico regulador.

En el interior de la cuenca, con un invierno frío y un verano caluroso, es el área en el que se dan amplitudes térmicas más elevadas (19,2° en Manresa). Cerca de la costa, con unos inviernos suaves y los veranos aligerados por la *marinada*, el contraste térmico (Prat de Llobregat, 14° C) es menos acentuado.

La distribución de la temperatura media anual presenta un incremento evidente de norte a sur. En efecto, las temperaturas alcanzan los 16° C en la Depresión media y algo menos de los 10° C en su zona más septentrional.

### 3. La evapotranspiración

En este apartado se intenta conocer la cantidad de agua evaporada por las superficies líquidas, el suelo húmedo y la transpirada por las plantas. El cálculo global de la pérdida en agua evaporada es lo que se denomina evapotranspiración. Ahora bien, dentro de ella podemos distinguir la evapotranspiración real (ER) de la potencial (EP). La primera de ellas es la que en realidad tiene efecto, mientras que la segunda es la que habría si se dispusiera de las reservas de agua suficientes.

La obtención de la evapotranspiración requiere el previo conocimiento de la pluviosidad y termometría del área a estudiar, aunque lo idóneo sería el poseer una buena red de lisímetros, estaciones evaporimétricas, etc., que nos dieran directamente los valores deseados (9).

#### a) La evapotranspiración potencial (EP)

Son varias las fórmulas que tienden a darnos la evapotranspiración potencial. Entre las más conocidas se encuentran las de Turc, L. Serra, Penman y Thornthwaite. Nosotros hemos utilizado la de González Quijano, por entender que tiene una exactitud muy aceptable, al conseguir parámetros equiparables a otras fórmulas aplicadas en áreas similares (10).

Los baremos obtenidos nos indican que la máxima evapotranspiración se localiza en el mes de julio, excepto en el de Poble de Lillet que se produce en agosto. Por su parte, los mínimos se producen en un buen número de casos en enero: Manresa (11,76 mm), Sant Sadurní de Noia (17,28 mm), Igualada (16,08 milímetros) y Solsona (7,80 mm); en el resto de las estaciones meteorológicas estudiadas, es decir, Moià (5,72 mm), Cabrianes-Sallent (11,70 mm) y la Poble de Lillet (5,40 mm), se registran en diciembre.

La distribución anual muestra como la evapotranspiración potencial experimenta un claro decrecimiento en relación a la altitud. La nota discordante se presenta en el Prat de Llobregat, con una evapotranspiración potencial por debajo de lo que le correspondería.

La distribución estacional resalta al verano como época climática en la que se concentran los valores máximos de la evapotranspiración, sobresaliendo los 430,62 mm en Sant Sadurní de Noia. En la Poble de Lillet el resultado obtenido es de 311,70 mm, correspondiendo las dos estaciones señaladas a la tabulación máxima y mínima, respectivamente, de todos los observatorios elaborados. Por su parte, el invierno es la época en la que la evapotranspiración alcanza los mínimos valores.

(9) En la cuenca existen algunas estaciones evaporimétricas, pero las series eran muy cortas en el momento de redactar este trabajo y por tanto no se hallaban normalizadas en absoluto.

(10) Véase, acerca de este problema: J. A. PLANA CASTELLVÍ: *Balace hídrico de la cuenca del Noguera Ribagorzana*. Tesis doctoral. Departamento de Geografía, Zaragoza, 1975 (inédita).

## b) La evapotranspiración real (ER)

El cálculo de la evapotranspiración real ha sido realizado en base a la fórmula de Turc (11). Basándose en las precipitaciones y las temperaturas, su resolución es sencilla y los valores finales satisfactorios.

Los parámetros obtenidos nos indican una disminución creciente de la evapotranspiración real de sur a norte; esta relación parece estar en función de la altitud. Así vemos que teóricamente el 91 % de las precipitaciones caídas en el Prat de Llobregat, el 88 % de Sant Boi, el 84 % de Manresa, el 76 % de Moià, el 87 % de Cabrianes-Sallent, el 80 % de Sant Sadurn de Noya, el 84 % de Igualada, el 70 % de Solsona y el 58 % de la Pobra de Lillet sufren un proceso de evapotranspiración.

## II. EL RÉGIMEN FLUVIAL

Tiene un gran interés evidentemente el estudio de la caudalosisidad y el régimen del Llobregat y sus afluentes, ya que estos cursos atraviesan, como hemos visto, comarcas de gran densidad de población, lo que motivará un fuerte consumo de agua para usos domésticos y utilización agrícola. Existe, además, una variada y antigua utilización industrial del citado elemento, hecho precisamente muy característico de esta cuenca (12).

### A. LOS CAUDALES MEDIOS

#### 1. Las estaciones de aforo

En la actualidad existe, en la cuenca del Llobregat, una buena red de aforos. Ahora bien, en nuestro trabajo no los hemos utilizado en su totalidad, sino que hemos elegido las que indicamos en el apartado que sigue (fig. 1).

#### 2. Los datos estadísticos

Para la obtención de los diferentes baremos hemos utilizado fuentes de datos muy concretas (13). En base a estas fuentes se han calculado todas las variables que permitieran una mejor comprensión y comportamiento del régimen fluvial a lo largo de toda la cuenca:

(11) CASTANY, G.: Op. cit. en Bibliografía, p. 84. Presenta la siguiente expresión:

$$Er = \frac{P}{\sqrt{0,9 P^2/L^2}}$$

$L = 300 + 25 T + 0,05 T^3$   
 $Er =$  evapotranspiración real  
 $P =$  precipitación anual en mm  
 $T =$  temperatura media anual en °C

(12) Véase, a este respecto, los estudios comarcales correspondientes incluidos en la *Geografía de Catalunya*, dirigida por L. SOLÉ SABARÍS y, como análisis poblacional y económico de una comarca concreta, la tesis doctoral de J. VILÀ VALENTÍ acerca del Bages, ya citada (nota 4).

(13) DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS: *Aforos, Anuarios de las cuencas del Pirineo Oriental. Años 1912-1975*, Madrid.

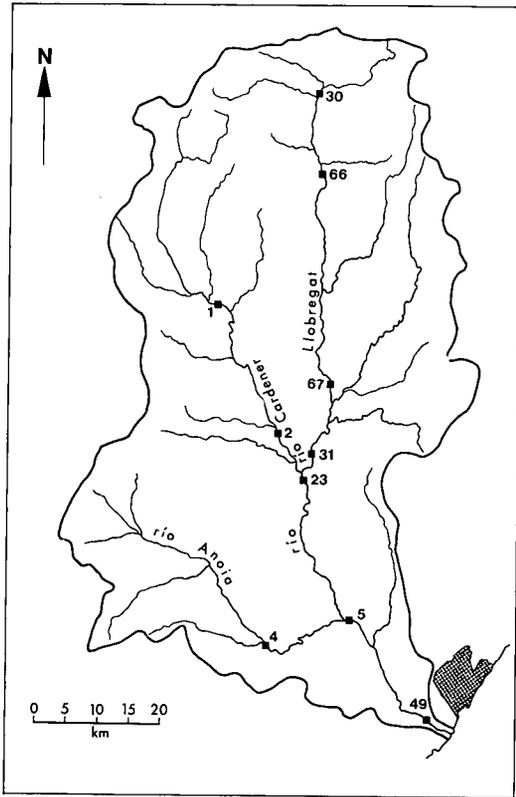
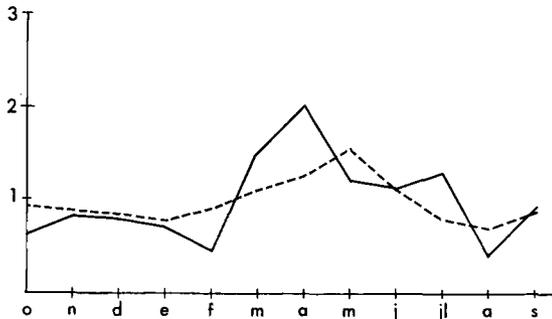


Fig. 1. Las estaciones de aforo estudiadas.

<i>Río Llobregat</i>		<i>Altitud</i>	<i>Superficie parcial de la cuenca</i>	<i>Años estudiados</i>
N.º 49	El Prat de Llobregat	8 m	4.848 km <sup>2</sup>	1969-1975
N.º 5	Martorell	44 m	4.561 km <sup>2</sup>	1912-1975
N.º 23	Castellbell	155 m	3.293 km <sup>2</sup>	1912-1975
N.º 31	Vilomara	176 m	1.885 km <sup>2</sup>	1917-1928 1942-1975
N.º 67	Sallent	270 m	1.093 km <sup>2</sup>	1972-1975
N.º 66	Berga	490 m	545 km <sup>2</sup>	1970-1975
N.º 30	Guardiola	720 m	219 km <sup>2</sup>	1916-1967
<i>Río Cardoner</i>				
N.º 2	Manresa	170 m	1.332 km <sup>2</sup>	1912-1975
N.º 1	Cardona	387 m	643 km <sup>2</sup>	1912-1975
<i>Río Anoia</i>				
N.º 4	Sant Sadurní d'Anoia	110 m	726 km <sup>2</sup>	1973-1975



<p>----- Coeficiente de caudal en Castellbell. S : : 3.293 km<sup>2</sup> Módulo: 18 m<sup>3</sup>/sg. Lluvia útil: 5,5 l/sg/km<sup>2</sup> Aportación Media: 574 Hm<sup>3</sup> Coeficiente de Irregularidad: 7</p>	<p>———— Coeficiente de caudal en el Prat-S. Boi. S : : 4.848 km<sup>2</sup> Módulo: 17,9 m<sup>3</sup>/sg. Lluvia útil: 3,7 l/sg/km<sup>2</sup> Aportación Media: 568 Hm<sup>3</sup> Coeficiente de Irregularidad: 4</p>
--	--

Fig. 2. Coeficientes de caudal en Castellbell y en El Prat.

### 3. Los caudales medios mensuales

No podemos olvidar que el caudal se halla íntimamente ligado a la intensidad, frecuencia y persistencia de las precipitaciones, reserva nival y superficie de la cuenca parcial receptora. En consecuencia el ritmo mensual es un reflejo de los anteriores factores. Pueden verse los datos de caudaliosidad correspondientes a los distintos meses y al año en el cuadro III.

La media máxima se centra, en la mayoría de los aforos, en mayo, excepto en el Prat de Llobregat (abril), Berga y Sallent (junio) y Sant Sadurní (marzo), este último en el Anoia.

La media mínima mensual se localiza mayoritariamente en agosto, excepto en Guardiola (septiembre), Berga (noviembre) y Sant Sadurní d'Anoia (julio).

### 4. Las variaciones estacionales

El ritmo estacional se expresa claramente a través de los coeficientes de caudal mensual (14); véase, a este respecto, cuadro IV. Estos coeficientes de caudal nos muestran (fig. 2) como se producen claramente dos mínimos, uno invernal (enero-febrero) y otro estival (agosto), este último más acusado que el anterior. El primero se centra en la época en que las precipitaciones líquidas son escasas. En el verano las precipitaciones son muy irregulares y ligadas a fenómenos tor-

(14) G. REMENIERAS: *Eléments d'hydrologie appliquée*, París, Col. Colin, Section Electricité, n.º 343, 1959, p. 131.

CUADRO III

LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES Y ANUAL (m<sup>3</sup>/seg)

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	Año
<i>Río Llobregat</i>													
El Prat de Llobregat	16,7	11,8	14,9	14,1	12,8	8,1	27,5	36,1	32,0	28,8	17,1	14,3	23,59
Martorell	20,1	23,1	19,9	21,0	18,5	19,2	26,7	27,2	27,8	23,0	14,4	13,0	18,15
Castellbell	15,7	17,6	16,4	15,6	13,9	15,9	20,5	23,4	18,4	15,9	8,9	8,0	12,16
Vilomara	10,6	11,4	13,2	11,9	9,0	10,2	13,8	15,3	18,7	25,2	7,8	6,5	14,35
Sallent	18,5	10,0	6,5	14,9	19,5	17,5	13,2	13,4	10,7	12,0	6,0	5,0	7,21
Berga	8,0	5,1	4,3	5,6	6,0	5,7	6,6	10,8	6,0	5,3	3,3	2,8	3,93
Guardiola	2,6	3,4	4,0	3,4	2,8	3,2	4,8	5,0	9,0	7,4	5,2	4,1	6,3
<i>Río Cardener</i>													
Manresa	5,2	6,5	6,0	6,1	5,6	5,7	7,2	7,7	6,4	5,2	3,3	2,9	4,0
Cardona	3,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,0	4,7	5,2	1,4	1,3	0,8	1,2	1,8
<i>Río Anoia</i>													
Sant Sadurní d'Anoia	2,6	2,1	2,0	1,9	1,6	1,6	2,5	2,0					

Fuente: Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, Aforos de 1912 a 1975.

CUADRO IV

COEFICIENTES MEDIOS MENSUALES DE LOS CAUDALES

	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A
<i>Río Llobregat</i>												
El Prat de Llobregat	0,92	0,66	0,83	0,80	0,71	0,45	1,53	2,00	1,23	1,15	1,28	0,39
Martorell	0,90	1,03	0,88	0,94	0,83	0,85	1,19	1,21	1,43	1,29	0,76	0,64
Castellbell	0,86	0,97	0,90	0,86	0,76	0,87	1,13	1,29	1,53	1,26	0,79	0,71
Vilomara	0,87	0,94	0,97	0,98	0,74	0,83	1,13	1,26	1,52	1,30	0,73	0,66
Sallent	1,29	0,69	0,45	1,04	1,36	1,22	0,92	0,93	1,30	1,75	0,54	0,45
Berga	1,12	0,71	0,60	0,78	0,84	0,80	0,91	1,50	1,49	1,66	0,83	0,70
Guardiola	0,66	0,87	1,01	0,88	0,72	0,82	1,23	1,28	1,54	1,36	0,85	0,71
<i>Río Cardener</i>												
Manresa	0,81	1,01	0,95	0,96	0,89	0,90	1,13	1,20	1,42	1,17	0,82	0,71
Cardona	0,75	0,95	0,92	0,90	0,89	0,74	1,17	1,28	1,58	1,28	0,83	0,71
<i>Río Anoia</i>												
Sant Sadurní d'Anoia	1,48	1,16	1,15	1,09	0,90	0,91	1,43	1,13	0,80	0,73	0,49	0,70

Fuente: Dirección General de Obras Hidráulicas. Ministerio de Obras Públicas. Elaboración del autor.

mentosos; todo ello, unido a elevadas temperaturas que incrementan notablemente la evaporación, se traduce en un marcado estiaje veraniego; de ahí, la pobreza en el valor de los coeficientes de caudal obtenidos.

Los máximos coeficientes se registran en la estación primaveral (mayo-junio) en todo el Llobregat, excepto en el Prat de Llobregat, que se localiza en julio, probablemente a causa de tener en la actualidad una serie de datos muy corta que no se halla normalizada en absoluto.

Por su parte, el Cardoner centra sus altas aguas en mayo, entre tanto el Anoia las tiene en marzo. Todos estos máximos, con un coeficiente muy inferior al valor dos, representan la acción de las lluvias primaverales y fusión de las nieves de cabecera. Por su parte el máximo secundario se halla ligado a las lluvias de otoño (septiembre-octubre-noviembre), pero con valores inferiores a los de primavera.

## 5. Las aportaciones anuales medias

La aportación más notable se produce en el aforo ubicado en Martorell, que tabula las aguas del medio y alto Llobregat y afluentes principales, es decir, el Cardoner y el Anoia. Sus 708,68 Hm<sup>3</sup> le convierten en el punto de máxima aportación de toda la cuenca. No obstante, esta cifra resulta irrisoria si la comparamos con los 17.691 Hm<sup>3</sup> de aportación media anual tabulados para el Ebro en Tortosa (15).

La segunda aportación en importancia se localiza en Castellbell, con 574,02 hectólitros cúbicos, seguida muy de cerca por los 568,0 Hm<sup>3</sup> en el Prat de Llobregat (16). Ello nos pone de manifiesto claramente que entre Martorell (708,68 hectólitros cúbicos) y el Prat de Llobregat (568,0 Hm<sup>3</sup>) la aportación disminuye como resultado del uso industrial, consumo doméstico y utilización agrícola como causas principales.

## 6. La irregularidad

El coeficiente de irregularidad se obtiene del cociente entre el módulo anual más elevado y el más bajo, dentro de una serie de años dados. Este cociente presenta sustanciales diferencias entre los ríos de las diferentes zonas climáticas e incluso entre los distintos tramos de un mismo curso fluvial.

El río Llobregat presenta coeficientes iguales o superiores al valor 5, excepto en Sant Boi de Llobregat y Berga y en Sant Sadurní d'Anoia en el río Anoia; pero este hecho es consecuencia de tener estos aforos unas series extremadamente cortas. No obstante, todos ellos nos indican, teóricamente, la variabilidad que pueden sufrir las diferentes aportaciones de un año para otro; de ahí la importancia de una buena regulación a lo largo de un curso fluvial que intente paliar la deficiencia apuntada.

(15) DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS: *Plan Nacional de Abastecimiento y Saneamiento*. Cap. III: *Las aguas superficiales. Cuenca del Ebro*, M.O.P., Madrid, 1966, página 183.

(16) SERVICIO DE ESTUDIOS EN BARCELONA DEL BANCO URQUIJO: *El agua, recurso natural escaso*, Ed. Moneda y Crédito, Madrid, 1969, pp. 50-51.

## B. LAS CRECIDAS

### a) Las crecidas de origen nivo-pluvial

En el río Llobregat se localizan toda una serie de crecidas ligadas a las lluvias de primavera y comienzo de la fusión nival en la cabecera. A modo de ejemplo, hemos elegido las crecidas del año 1968-1969 que a continuación reseñamos:

N.º	Lugar del aforo	Caudal instantáneo	Mes	Módulo anual	Veces módulo
49.	El Prat de Llobregat	816 m <sup>3</sup> /sg	Marzo	17,98 m <sup>3</sup> /sg	46
5.	Martorell	747 m <sup>3</sup> /sg	Marzo	22,39 m <sup>3</sup> /sg	33
23.	Castellbell	569 m <sup>3</sup> /sg	Abril	18,18 m <sup>3</sup> /sg	31
31.	Vilomara	257 m <sup>3</sup> /sg	Abril	12,16 m <sup>3</sup> /sg	21

Fuente: Dirección General de Obras Hidráulicas, *Anuario 1968-1969*.

La avenida que más destaca es la correspondiente a los 816 m<sup>3</sup>/sg medidos en el Prat de Llobregat, lo que viene a ser 46 veces el caudal medio anual, cifra realmente extraordinaria (17). Para una mejor idea del fenómeno pensemos que el Ebro en Tortosa tiene un módulo anual de unos 553,0 m<sup>3</sup>/sg.

En el estudio del hidrograma de la avenida en el Prat de Llobregat hemos comprobado como la curva de concentración experimentó un súbito incremento el día 4 para alcanzar el punto máximo en la jornada del 5; a partir de esta última fecha, la curva de decrecida es suave hasta llegar al caudal normal durante el día 9. Es decir, que se produjo una crecida de tiempo base prolongado, de ahí los 145 Hm<sup>3</sup> desaguados durante los citados días.

### b) Las crecidas de origen pluvial

Las crecidas de origen pluvial están muy unidas a las lluvias de otoño. Un ejemplo claro lo representan las crecidas del Cardoner (como ejemplo, la aforada en Manresa con 50 m<sup>3</sup>/sg) y la del Anoia (en Jorba, con 26,5 m<sup>3</sup>/sg), lo que significa 8 y 28 veces el módulo anual respectivo.

Este tipo de crecidas se caracteriza por tener una curva de concentración y decrecimiento muy acusada, reduciéndose en unas pocas horas. No obstante, el peligro de estas crecidas es, manifiesto por su virulencia torrencial e instantaneidad en el incremento del caudal.

### c) Opinión sobre las crecidas

El predeterminar el caudal de una crecida es una operación laboriosa y la mayoría de las veces inexacta en cuanto al valor calculado. No obstante, lo que

(17) Esta crecida se vio ampliamente superada por los 3.000 m<sup>3</sup>/seg que fueron medidos en septiembre de 1971.

sí se puede intentar es paliar y corregir los defectos de estas avenidas inesperadas, causas de tantos desastres. Para ello uno de los caminos válidos e imprescindibles está en la *total regulación* del río Llobregat y afluentes principales. Al *mismo tiempo* se tiene que contener la instalación de nuevas industrias en las terrazas del Llobregat, que se verán inundadas a la menor sobrecarga que el *talweg* tenga que soportar. También creemos que no debe demorarse por más tiempo el encauzamiento del río en aquellos tramos que se han visto más endeble a la pujanza de las avenidas.

## 8. Los estiajes

Los estiajes están en función directa de situaciones meteorológicas estacionales concretas. El caudal mínimo de la media diaria suele ser muy acentuado en invierno a causa de las situaciones anticiclónicas acusadas que producen una sequía absoluta. Es el caso de los 0 m<sup>3</sup>/seg del Cardoner, tabulados en diciembre de 1922 en Manresa. Idéntico fenómeno se localiza en la época estival, con caudales muy pobres. Así en agosto del año 1958 se registraron 0,53 m<sup>3</sup>/sg y 0,23 m<sup>3</sup>/sg en Castellbell y Vilomara respectivamente (18).

En lo que al otoño respecta, concretamente octubre, el posible estiaje se encuentra ligado a la tardanza de las primeras lluvias otoñales. Ahora bien, en la evolución general hemos comprobado como los estiajes se están agravando en la medida que la utilización industrial y agrícola se acentúan. Todo ello puede significar un excesivo uso de las posibilidades hídricas del río en determinadas épocas del año.

## C. EL AGUA EMBALSADA

En 1976 el volumen de agua embalsada se incrementó de forma considerable con la puesta en servicio del pantano de la Baells. Ello ha permitido alcanzar los 139,7 Hm<sup>3</sup> de capacidad. No obstante, esta cantidad se manifiesta como insuficiente para las necesidades hídricas de la cuenca.

En efecto, Sant Ponç y la Baells representan sólo el embalse del 4,26 % de toda el agua precipitada en nuestra área de estudio (19). La inclusión del posible pantano de Sorba aumentaría el anterior porcentaje en un 8,84 % de las precipitaciones. Ahora bien, estas cantidades son notablemente inferiores al 11 % de la cuenca del Ebro (20) e incluso a la capacidad total estimada del embalse subterráneo del delta del Llobregat, que viene a ser del 21 % de toda el agua precipitada en la cuenca (21).

En el momento presente vemos que la capacidad útil del embalse subterráneo del delta del Llobregat se halla estimada en un 4,58 % de las precipitaciones de la cuenca, lo que significa un 0,32 % más que los dos embalses en explotación.

(18) DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS: *Aforos 1912-1975*.

(19) A esta agua precipitada habría que deducir, claro está, las correspondientes pérdidas por evaporación, infiltración y utilización biológica.

(20) DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS: *Op. cit.*, p. 146.

(21) SERVICIO DE ESTUDIOS EN BARCELONA DEL BANCO URQUIJO: *Op. cit.*, p. 131.

Ante estas estimaciones, no es de extrañar que la industria se vea en la necesidad de seguir utilizando los recursos subterráneos del delta del Llobregat para satisfacer sus necesidades, pues los recursos superficiales embalsados no podrían satisfacer las demandas actuales.

### III. CONCLUSIONES

De lo dicho hasta ahora parece claro que se desprenden cuatro conclusiones que conviene destacar:

1. Es necesario llevar a término las obras tendentes a conseguir la regulación total de la cuenca del Llobregat, con el fin de incrementar las reservas hídricas, paliar los estiajes y evitar el peligro representado por las posibles avenidas en la actual situación.

2. Habría que regular y legislar la captación de las aguas subterráneas, pues de lo contrario el agotamiento de los mantos acuíferos hipogeos será un hecho irreversible a corto plazo.

3. Se tendría que dictar las normas precisas para descongestionar la instalación de nuevas industrias en las terrazas del río Llobregat, por el peligro que suponen las crecidas espontáneas, con la actual regulación, y el posible agotamiento hídrico, si se alcanza el umbral máximo de concentración.

4. Sería interesante intensificar la repoblación forestal en la cuenca, especialmente en los tramos que presentan una notable carencia de cobertura arbórea, pues se evitaría la erosión del suelo y se mejoraría las posibilidades de lluvia. Todo ello repercutiría favorablemente en la cantidad y calidad del agua.

### Bibliografía

Señalamos sólo obras que se refieren directamente a la cuenca del Llobregat o que contienen datos o enfoques de especial interés acerca de ella:

ALBENTOSA SÁNCHEZ, L. M.: *Los climas de Cataluña*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona, 1973 (inédito).

BANCO URQUIJO. SERVICIO DE ESTUDIOS DE BARCELONA: *El agua, recurso natural escaso. PlanTEAMIENTO del problema en Cataluña*. Madrid. Editorial Moneda y Crédito. 1969.

CABO RAMÓN, J.: *Bacteriología y potabilidad del agua*. Madrid. Imprenta de la Bolsa, 1972.

CANTÓ, J., y GUARDIOLA, J.: *Evolución de la población del agua en el río Llobregat*. Sociedad de Aguas de Barcelona. Barcelona, junio de 1975.

CATALÁN, L., y PASCUAL, A.: *Sales solubles presentes en las litofacies de la cuenca del río Llobregat*, Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.

CENTRO DE ESTUDIOS, INVESTIGACIÓN Y APLICACIONES DEL AGUA: *Comunicaciones presentadas al primer coloquio de investigaciones sobre el agua*. Documentos de investigación Hidrológica, n.º 1, 2, 3. Barcelona, 1966-1967.

CUSTODIO, E.: *Calidad química de las aguas subterráneas del delta del río Llobregat*. Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.

COMISARÍA DE AGUAS DEL PIRINEO ORIENTAL: *Estudio de la polución de la cuenca del Pirineo Oriental*. Servicio de Aplicaciones Industriales. Barcelona, 1969.

GABRIEL, J., OLIVER, B., y ALONSO, J.: *Estudio hidrológico del río Llobregat*. Comité Asesor y de Estudios del Abastecimiento de Agua a Barcelona; Centro de Estudio, Investigación y Aplicaciones del Agua. Barcelona, 1971.

- GUARDIOLA, J.: *Influencia de un aporte lateral en el río Llobregat. La Riera de Rubí*. Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.
- LLAMAS, M., y MOLIST, S.: *Hidrología de los deltas de los ríos Besós y Llobregat*. Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS. CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. COMISARÍA DE AGUAS DEL PIRINEO ORIENTAL SECCIÓN HIDROLOGÍA: *Estudios de los recursos hidráulicos totales de la cuenca de los ríos Besós y Bajo Llobregat*. Madrid, 1964.
- OLIVER, C., y BERNIS, M.: *Contribución al estudio biológico del río Llobregat y sus afluentes*. Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.
- OLIVER, C., y PERRAMÓN, T.: *Estudio microbiológico del río Llobregat y sus afluentes*. Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.
- ORGANIZACIÓN SINDICAL: *Recursos hidráulicos en Cataluña*. Barcelona, 1972.
- SOLÉ SABARÍS, LL., director: *Geografía de Catalunya*. Barcelona. Aedos, 3 vols. (uno de conjunto y dos comarcales), 1956-1968.
- VILÀ VALENTÍ, J.: *La comarca de Bages. El medio físico y la evolución humana*. Universidad Central de Madrid. Tesis doctoral, 3 vols. y 1 atlas, 1956 (inédito).
- VILARÓ, F.: *Balace del aprovechamiento actual del Bajo Llobregat*. Documentos de Investigación Hidrológica, n.º 2. Barcelona, 1967.

## Résumé

Lors de ces dernières années, la question de l'eau de la vallée du Llobregat a très souvent été débattue.

Des arguments, de type économique, faisaient voir le besoin d'un transvasement de l'eau vers une des vallées voisines.

Ces arguments —non sans une certaine passion— provoquèrent une forte réaction des régions affectées, lesquelles s'opposaient aux mesures annoncées. Il n'était cependant jamais question de discuter la capacité des possibilités hydriques du Llobregat.

Le but de ce rapport est donc d'apporter un maximum d'appréciations sur ce sujet, nous rapprochant le plus possible de la réalité de la question à laquelle nous faisons référence. Car, s'il est vrai que, ces dernières années, l'intérêt concernant ce sujet ait quelque peu diminué, les problèmes n'en sont pour cela résolus.

Entre autres mesures à prendre, il nous semble qu'il soit nécessaire de porter à terme les travaux qui nous permettraient d'obtenir la régulation totale de la vallée du Llobregat, afin d'augmenter les réserves hydriques, pallier le niveau des eaux en été, et éviter le danger que représentent actuellement les crues possibles.

## Abstract

In recent years the question of the water in the Llobregat basin has been discussed at length. At the time economical arguments were made stating the need for the transvasing of water from some of the neighbouring basins. These arguments produced a reaction which was quite impassioned from the affected regions who opposed the measures which were predicted. Nevertheless, it had very little influence on the capacity of the hydric resources of the Llobregat. Consequently in this article we try to provide a series of evaluations on the question which will bring us closer to the truth of the environment we are referring to, which, while it is true that it has lost popularity in recent months, even so its problems have not been solved. Amongst the measures to be taken we consider that. It is necessary to carry out the extension works to achieve the complete regulation of the Llobregat basin with the aim of: increasing the hydric reserves, alleviating the low waters and avoiding the danger that possible floods mean in the present situation.