

BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL NOGUERA RIBAGORZANA*

P O R

JOSÉ A. PLANA CASTELLVÍ

INTRODUCCION

En el presente trabajo se intenta la obtención del balance hídrico de la Cuenca del Noguera Ribagorzana.

Sabido es que el mencionado cálculo puede realizarse a través de diversos métodos. Ahora bien, todos ellos exigen el previo conocimiento de una serie de fuentes estadísticas no siempre fáciles de conseguir bien por carecer, el área elegida, de la infraestructura científica precisa que hace posible la tabulación de los diferentes baremos o, en ocasiones, por su extravío y posterior olvido.

Consecuencia directa de todo lo anterior es que no todas las zonas geográficas presentan una base de partida, lo suficientemente amplia, como para emprender un trabajo de esta índole con unos resultados finales satisfactorios.

Este estudio centra su área de acción en la cuenca del Noguera Ribagorzana, elección realizada fundamentalmente por no presentar dicha zona los inconvenientes anteriormente citados. En efecto, esta cuenca, cuya explotación integral está en manos de la Empresa Nacional Hidroeléctrica del Noguera Ribagorzana, presentaba una base estadística, desde el punto de vista climatológico francamente buena a partir de de los diversos observatorios y estaciones de aforo. Tanto es así que la mayoría de las series se remontan a 1945-1950; las cuales, juntamente con datos obtenidos en el Servicio Meteorológico Nacional nos permitieron agrupar series documentales hasta comienzos del siglo.

Toda la base estadística, y en base a la riqueza de anotaciones, nos presentaba el grave inconveniente de una elaboración, que se presumía exhaustiva, para un eficientes análisis y a la postre una mejor síntesis. Este problema nos indujo a mecanizar el proceso de cálculo pues a la par que obtendría-

* Resumen de la tesis doctoral del autor, dirigida por el Prof. Dr. D. Antonio Higuera Arnal.

mos un ahorro de tiempo indudable ganaríamos en fiabilidad para el resultado obtenido.

Los programas fueron preparados en diversas fases, abarcando una gran gama de posibilidades climáticas en los cálculos hallados, de manera que nuestra base de partida fuera sólida y lo suficientemente amplia como para no desdeñar cualquier dato considerado de interés y obtener un resultado lo más científico posible.

El cálculo del balance hídrico lo abordamos en función de la evapotranspiración o del déficit de desagüe, pues la aplicación de ambos procedimientos permitiría el contraste y mejor argumentación de las conclusiones obtenidas.

Por último no quisiera finalizar este pequeño bosquejo de lo que es el trabajo sin hacer público agradecimiento al Profesor doctor don Antonio Higuera Arnal, Director del trabajo; a don Ignacio Sirvent, ex Director General de ENHER y a su actual Director General, don Francisco Guarner, por su apoyo inestimable y ayuda prestada en todo momento.

I. EL BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

I.1. *El método*

Tomando como punto de partida el déficit de desagüe hemos de tener en cuenta que en el balance intervienen los aportes directos, sobre todo en forma de precipitaciones, y los que podríamos llamar "reservas", formadas a base de las aguas subterráneas y de las de acumulación nival. Ambos aportes serían la base fundamental de alimentación de un área o cuenca fluyente.

Los desgastes hídricos estarían formados a base del desagüe del período considerado, la evapotranspiración y el aporte almacenado o infiltración que alimentaría a las posibles bolsas subterráneas. Es decir que podríamos escribir:

$$P + R = Q + E + (R + \Delta R)$$

donde:

P = son las precipitaciones

R = son las reservas

Q = el caudal o desagüe

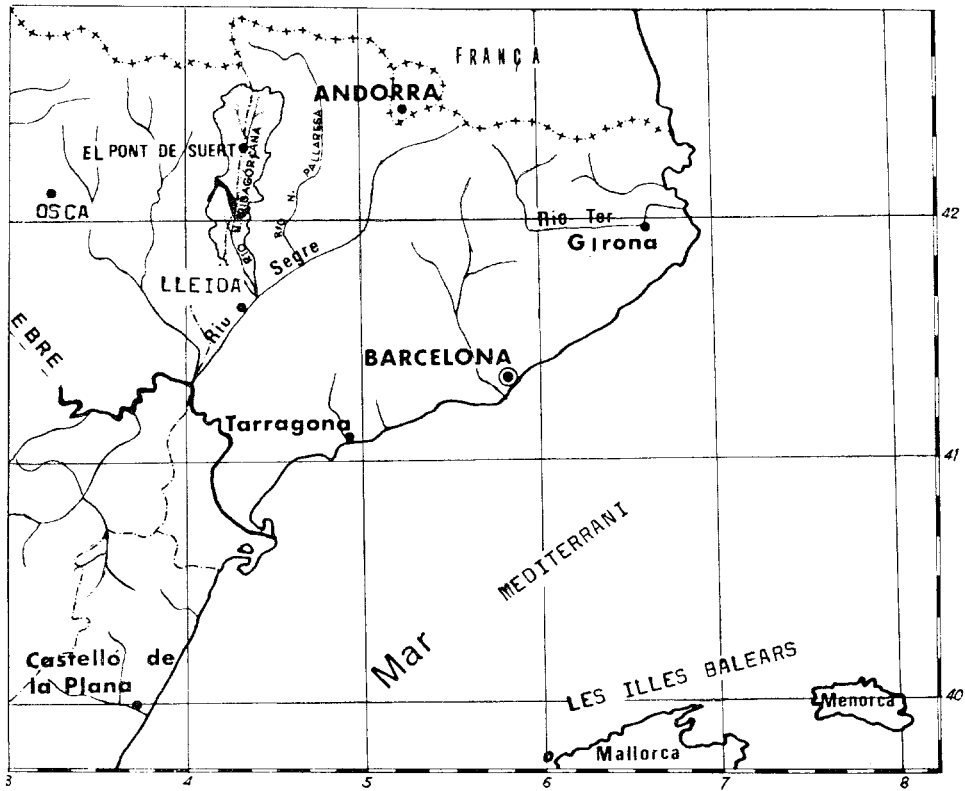
E = la evaporación.

Ahora bien, muchos autores consideran $R = 0$ para un período de tiempo largo por igualarse el caudal subterráneo con los aportes que las reservas producen en el caudal general. Por tanto la expresión general queda reducida así:

$$P = E + Q$$

MAPA DE SITUACION DE LA CUENCA DEL NOGUERA RIBAGORZANA

Escala 1 : 2.500.000



pero como el déficit de desagüe D, es igual a la diferencia entre las precipitaciones P, y el caudal Q, tenemos :

$$D = P - Q$$

y por tanto la expresión del balance hídrico en función de la D la podemos expresar como :

$$P = D + Q$$

P = es la altura del agua precipitada en mm.

Q = es la altura del agua desaguada en mm.

D = es el déficit de desagüe en mm.

Este método nos permite calcular, con un margen de error variable, la cantidad de agua desaguada en función, ante todo, de las precipitaciones, aunque, eso sí, tenemos que tomar los resultados con reservas, pues no hay que olvidar que nos movemos en un plano muy complejo al que hay que añadir el inconveniente que representa el aporte de aguas subterráneas.

1.2. *El cálculo*

El procedimiento para el cálculo del déficit de desagüe es sencillo y a la vez muy simple.

Tenemos que contar como base de partida con la precipitación de un área fluyente determinada, al mismo tiempo que sabemos el caudal desaguado por dicha área mediante el aforado de los caudales en un lugar previamente elegido para este fin.

Tomemos por ejemplo el caso de Pont de Suert. En este punto disponemos de los datos de precipitación P, y del caudal Q para realizar nuestros cálculos. Así sabemos que la precipitación anual es del orden de los 914,7 mm, mientras que Q para el mismo período de tiempo está cifrado en 16,8 m³/s y que la superficie fluyente es de 572,4 Km².

El problema se nos puede presentar en la comparación de la lluvia caída con la desaguada, por estar ambas variables bajo diferentes unidades, pues la precipitación nos viene dada por l/m², mientras que el caudal está expresado en m³/s.

El método más simple consiste en el paso de los m³/s a su equivalencia en mm de precipitación, mediante la obtención en primer lugar, del caudal específico q en l/s/km², o lo que también se denomina lluvia útil.

Pensemos que una estación X, con un caudal específico de q l/s. m²; el volumen desaguado por km² de cuenca fluyente a lo largo de un año, el cual tiene 31.536.000 segundos, será de 31.536 q; o sea que el caudal desaguado en mm valdrá :

$$h = 10^3 \frac{31.536 q}{10^6} = 31,536 q$$

Volviendo al ejemplo de Pont de Suert, tenemos que los 15,78 m³/s equivalen a 27,56 l/s/km². Por tanto la altura de agua desaguada es 27,56 × 31,536 = 873,46 mm y el déficit de desagüe se obtendrá con la siguiente expresión:

$$D = P - Q$$

$$D = 914 - (873,46) = 41,24 \text{ mm}$$

Como podemos ver aquí existe un claro déficit que multiplicado por los correspondientes m² del área de recepción, tendremos la cantidad que se corresponda en Hm³ y que en este caso es del orden de los — 23,605 Hm³.

Idéntico procedimiento podemos utilizar para los períodos mensuales en que los coeficientes serán¹:

2,419 q para el mes de 28 días

2,592 q para el mes de 30 días

2,678 q para el mes de 31 días

Nosotros hemos realizado los cálculos pertinentes para los lugares en los que se cumplieron las condiciones enumeradas y que además coinciden con los puntos en los que existe aforo y la estación meteorológica pertinente; en caso de faltar esta última nos hemos decidido por tomar la más próxima, tal como es en el caso del río Baliera en Noales; y en el río Ribagorzana en Ginaste. Todos los resultados aparecen reflejados en los cuadros correspondientes a tal efecto.

I.3. *Los resultados*

Conscientes de la importancia de los valores mensuales obtenidos, pensamos, no obstante, que el resultado que nos depara mayor interés es el total anual referido al año medio, pues es el que nos da una idea clara del balance hídrico total referido a nuestra zona de estudio.

En el Noguera Ribagorzana hemos dispuesto de los ya conocidos aforos de Ginaste (149,3 km²), Pont de Suert (572,2 km²), Puente de Montañana (1068,2 km²) y el Piñana (1757,5 km²), localizados en los diferentes tramos del Noguera Ribagorzana.

En todos ellos y siguiendo la evolución mensual, observamos como el estío presenta un déficit generalizado a partir de agosto que se prolonga en la mayoría de los casos hasta marzo, mes este que nos introduce en los meses primaverales, en los que el deshielo de la nieve acumulada en cabecera produce superávits notables en las estaciones de cabecera mientras que en las estaciones de Puente de Montañana y la Piñana, aparecen con claro déficit, debido probablemente a la retención realizada por las presas de Escales y Canelles-Santa Ana, respectivamente aguas arriba de los mencionados aforos.

Un análisis individualizado de las diferentes aguas fluyentes nos dará a la

¹ CASTANY, G. (1967): "Tratado práctico de las aguas subterráneas". pág. 80. Editorial Omega.

postre una mayor visión de conjunto del problema. En efecto, tenemos en primer lugar Ginaste. En este punto vemos cómo de septiembre a marzo el déficit es continuo alcanzándose el máximo precisamente en septiembre con algo más de 5 Hm³, —mientras que el máximo superávit lo tenemos en junio— con 83,268 mm, mes en el que localizamos el deshielo más intenso unido a las últimas lluvias primaverales. Todo este balance mensual nos da como resultado que tenemos un superávit anual de 9,617 Hm³, en el aforo que está situado en la parte más septentrional del Noguera Ribagorzana.

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Observatorio : Bono Estación : GINASTE		Río. Noguera Ribagorzana A = 149,3 Km. ²			
	Precipitación mm.	Lluvia desaguada en mm. (q)	Déficit desagüe D = P + Q (mm.)	Déficit Hm. ³	Coefficiente desagüe C = Q/P
E	73,1	49,680	-25,420	-3,496	0,670
F	70,5	45,138	-25,362	-3,786	0,640
M	94,7	76,053	-18,646	-2,783	0,803
A	90,9	110,763	+19,863	+2,963	1,218
M	107,0	180,267	+73,267	+10,938	1,684
J	114,3	197,568	+83,268	+12,431	1,728
J	88,8	135,783	+46,983	+7,014	1,529
A	86,4	91,299	+ 4,899	+0,731	1,056
S	115,6	78,298	-37,302	-5,569	0,677
O	101,6	83,048	-18,552	-2,769	0,817
N	117,9	88,367	-29,533	-4,409	0,749
D	75,8	64,752	-11,048	-1,649	0,854
Año	1.136,6	1.201,016	+64,416	+9,617	1,05

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Estación : Pont de Suert		A = 572,4 Km. ²			
	Precipitación mm.	Desagüe (q) h mm.	Déficit D = P - Q mm.	Déficit (q) Hm. ³	Coefficiente C = Q/P
E	43,9	35,65	- 8,25	- 4,722	0,812
F	52,4	33,19	-19,21	-10,995	0,6334
M	79,3	56,51	-22,79	-13,044	0,7126
A	73,7	90,02	+16,32	+ 9,340	1,22
M	104,7	150,96	+46,26	+26,48	1,44
J	96,9	149,14	+52,24	+29,910	1,53
J	61,1	77,56	+16,46	+ 9,420	1,26
A	87,7	52,99	-34,71	-19,868	0,60
S	84,7	54,03	-30,67	-17,555	0,63
O	80,4	64,90	-15,50	- 8,870	0,80
N	84,0	68,37	-15,63	- 8,946	0,81
D	65,0	40,14	-24,86	-14,229	0,61
Año	914,7	873,460	-41,24	-23,605	0,955

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Aforo : Central Caldas Observatorio : Central Caldas			Río : Noguera Tort Area : 30,6 Km. ²		
	<i>Precipitación en mm.</i>	<i>Lluvia desaguada en mm. (Q)</i>	<i>Déficit Q en mm.</i>	<i>Déficit Q Hm.³</i>	<i>Coficiente C = Q/P</i>
E	61,2	49,009	— 12,200	— 0,373	0,800
F	70,6	49,129	— 21,471	— 0,657	0,695
M	79,8	58,635	— 21,165	— 0,647	0,734
A	85,3	103,341	+ 18,041	+ 0,552	1,211
M	103,7	224,041	+120,341	+ 3,682	2,160
J	119,2	389,647	+270,447	+ 8,275	3,268
J	26,1	223,166	+137,066	+ 4,194	2,591
A	110,1	76,139	— 33,961	— 1,039	0,691
S	97,6	65,223	— 32,377	— 0,990	0,668
O	67,8	100,643	+ 32,843	+ 1,005	1,484
N	112,0	97,411	— 14,589	— 0,446	0,869
D	81,4	50,759	— 31,000	— 0,948	0,623
Anual	1.074,8	1.487,143	+412,343	+12,617	1,383

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Aforo : Llesp Observatorio : Llesp			Río : Noguera Tort Area : 231,0 Km. ²		
	<i>Precipitación en mm.</i>	<i>Lluvia desaguada en mm. (Q)</i>	<i>Déficit Q en mm.</i>	<i>Déficit Q Hm.³</i>	<i>Coficiente C = Q/P</i>
E	61,4	60,515	— 0,885	— 0,204	0,985
F	62,8	54,981	— 7,819	— 1,806	0,875
M	86,7	66,544	— 20,156	— 4,656	0,767
A	83,6	100,874	+ 17,274	+ 3,990	1,206
M	98,9	169,838	+268,738	+62,078	1,717
J	116,3	217,683	+333,983	+77,150	1,871
Y	81,9	140,160	+222,060	+51,295	1,711
A	103,4	84,861	— 18,539	— 4,282	0,820
S	104,7	75,066	— 29,634	— 6,845	0,717
O	81,5	79,180	— 2,320	— 0,535	0,971
N	108,8	85,951	— 22,849	— 5,278	0,790
D	62,8	66,776	+ 3,976	+ 0,918	1,063
Anual	1.052,8	1.201,370	+148,570	+34,319	1,141

El siguiente aforo, en sentido meridional y siempre en el Noguera Ribagorzana, lo centramos en Pont de Suert. En él, el déficit describe una curva que va desde agosto con 34,710 mm a marzo con 22,790 mm, mientras que en abril, a julio se centran los meses con superávit registrándose el máximo en junio con 52,240 mm., superávit que no es suficiente para contrarrestar el déficit anual que centramos en algo más de 23 Hm³.

Es decir, que tenemos que entre dos puntos que se encuentran separados por unos 11 km (en línea recta) se pasa de + 9.617 Hm³ a — 23.605 Hm³ lo que significa una pérdida de casi 15 Hm³ en una corta distancia. Naturalmente a esta cantidad hay que descontarle toda el agua empleada para riego de prados, consumo, etc. pero aún así, el resto que nos quedaría es lo suficientemente importante como para llamarnos la atención, pues pensemos que el aforo de Pont de Suert se encuentra en un lugar óptimo para la tabulación de todas las aguas del Alto Ribagorzana.

Precisamente en este Alto Ribagorzana contamos con los afluentes Noguera, Tort y Baliera. En el primero tenemos la estación de la Central de Caldas de Bohí (30,6 km²) y la de Llesp (231,0 km²). Ambas estaciones presentan una evolución mensual similar a las vistas para el Noguera Ribagorzana con la particularidad de que en la primera octubre se presenta con un claro superávit, mientras que en la segunda es diciembre el que señala un pequeño exceso en el agua desaguada; pero no olvidemos que nos encontramos bajo la influencia directa de los efectos reguladores de la presa de Cavallers que muy bien pueden ser la causa directa de estos aforados, aunque en el caso de octubre la influencia de las lluvias otoñales es evidente. No obstante, el resultado global anual nos viene marcado por dos claros superávits con 12.617 Hm³, en Caldas de Bohí y 34,319 Hm³, en Llesp, aguas estas que más tarde se tendrían que ver aforadas por la estación de Pont de Suert, por encontrarse, repito, en la salida natural de todas las aguas de Cabecera.

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Aforo : Noales Observatorio : Vilaller		Río : Baliera Area : 75,3 Km. ³			
	Precipitación en mm.	Lluvia desaguada en mm. (Q)	Déficit Q en mm.	Déficit Q Hm. ³	Coficiente C = Q/P
E	67,300	49,434	— 17,866	— 1,345	0,7345
F	68,800	50,256	— 18,544	— 1,396	0,7305
M	90,500	87,710	— 2,790	— 0,210	0,9692
A	84,100	117,035	+ 32,935	+ 2,480	1,3916
M	96,800	151,148	+ 54,348	+ 4,092	1,5614
J	111,300	125,641	+ 14,341	+ 1,079	1,1288
J	82,200	59,748	— 22,452	— 1,690	0,7269
A	100,700	43,033	— 57,667	— 4,342	0,4273
S	104,000	57,141	— 46,859	— 3,528	0,5494
O	96,600	58,325	— 38,275	— 2,882	0,6038
N	121,300	74,696	— 46,604	— 3,509	0,6158
D	67,300	62,593	— 4,707	— 0,354	0,9301
Anual	1.090,9	936,760	—154,140	—11,606	0,8587

Si bien es cierto que todo el sistema de presas que se encuentran escalonadas con misión de dar el agua necesaria, por caudal fluyente a las centrales que se encuentran aguas abajo, repercuten en el aforado, no es menos cierto que esas aguas tarde o temprano, después de cumplida su función y descontadas las necesidades subsidiarias, tendrían que ser tabuladas por el aforo de Pont de Suert, punto en el que localizamos un importante déficit hídrico en 23,605 Hm³. Esta falta de agua se ve asimismo detectada en el Baliera, afluente por la derecha, con un área fluyente de 75,3 km² con 11,606 Hm³, después de experimentar un exceso en los meses típicamente primaverales.

En resumen, podemos decir que se nos presentan dos claros déficits en la Alta Cabecera, el primero y principal en el aforo de Pont de Suert, mientras que el secundario lo centramos en el río Baliera.

En la Cuenca Media y Baja el saldo anual se presenta francamente negativo con un déficit de 66,578 Hm³, en Puente de Montañana y —119,427 Hm³ en la Piñana; cifra máxima de déficit registrado a lo largo de todas las estaciones. La evolución mensual presenta un orden inverso a la Alta Cuenca en lo que a valores del déficit se refiere. Así tenemos que en este tramo los meses primaverales, época del deshielo, nos parecen con signos claramente negativos mientras que algunos del estío —junio, julio y agosto— tienen saldos positivos. La explicación parece sencilla, en primavera es fundamental embalsar toda el agua posible cara a la época estival donde el sequiaje es acuciante, y por tanto el consumo se incrementa de forma sensible, de ahí la necesidad de utilizar el agua anteriormente embalsada y que ahora es aforada por las estaciones situadas aguas abajo de las presas referidas; por ello, este déficit lo podríamos tomar como agua que sería precisa para salvar este saldo negativo que se nos presenta al final del año.

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Estación: Puente de Montañana		A = 1.068,2 Km. ²			
	Precipitación mm.	Desagüe Q en mm.	Déficit Q en mm.	Déficit Q Hm. ³	Coficiente Q C = Q/P
E	28,5	32,039	+ 3,539	+ 3,780	1,124
F	33,7	35,718	+ 2,018	+ 2,155	1,059
M	52,6	46,831	— 5,769	— 6,162	0,890
A	53,6	50,884	— 2,716	— 2,901	0,949
M	82,4	69,890	—12,510	—13,363	0,848
J	63,9	70,271	+ 6,371	+ 6,805	1,099
J	38,9	45,928	+ 7,028	+ 7,507	1,180
A	38,4	37,730	— 0,670	— 0,715	0,982
S	56,6	36,591	—20,009	—21,373	0,646
O	52,1	42,393	— 9,707	—10,369	0,813
N	61,3	37,174	—24,126	—25,771	0,606
D	40,8	35,023	— 5,777	— 6,170	0,858
Año	602,8	540,472	—62,328	—66,578	0,8970

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DEL DÉFICIT DE DESAGÜE

Aforo : La Piñana Observatorio : Santa Ana			Río : Noguera Ribagorzana Area : 1.757,5 Km. ³		
	Precipitación en mm.	Lluvia de- saguada en mm. (Q)	Déficit Q en mm.	Déficit Q en Hm. ³	Coefficiente Q C = Q/P
E	26,1	29,697	+ 3,597	+ 6,321	1,137
F	28,8	29,850	+ 1,050	+ 1,845	1,036
M	34,1	38,353	+ 4,253	+ 7,474	1,124
A	39,8	33,655	- 6,145	- 10,799	0,845
M	56,4	43,152	-13,248	- 23,283	0,765
J	60,8	45,144	-15,656	- 27,515	0,742
J	25,3	38,048	+12,748	+ 22,404	1,503
A	33,5	29,759	- 3,741	- 6,574	0,888
S	52,2	28,655	-23,545	- 41,380	0,549
O	45,1	34,589	-10,511	- 20,425	0,766
N	44,3	28,537	-15,763	- 27,703	0,644
D	26,0	29,560	+ 3,560	+ 6,256	1,137
Anual	472,4	408,999	-63,401	-111,427	0,8644

A lo largo de las líneas anteriores hemos visto como los saldos hídricos positivos se encuentran en los meses primaverales en función de la fusión nival.

Es una verdadera pena el no poseer los mapas nivales mensuales para ver la correspondencia entre la fusión nival y el balance hídrico. Ahora bien, en su defecto tenemos los mapas de nieve, con sus datos correspondientes referentes a dos tomas anuales como son marzo-mayo o abril-junio de forma más frecuente. Es decir, que lo que se intenta es el conocer la cantidad máxima de reservas antes del período de deshielo para de esta manera saber las reservas hídricas a tener en consideración. Lo cierto es que la intensidad de la fusión nival depende de la interacción de multitud de factores y es necesario contar con una serie de datos referidos a la nieve realmente extensos de los que por el momento carecemos en absoluto. Esta variabilidad de la fusión nival queda reflejada en los siguientes datos²:

Año	Período	Fusión %	Año	Período	Fusión %
1965	Marzo-Mayo	24,5	1971	Abril-Mayo	31,2
1966	Abril-Junio	7,5	1972	Abril-Mayo	88,6
1967	Abril-Junio	34,4	1973	Abril-Mayo	15,9
1968	Abril-Junio	23,8	1974	Abril-Mayo	77,4

Es decir, que los porcentajes reflejados en el cuadro anterior ponen de manifiesto la poca similitud de la fusión de un año para otro, inconveniente

² Dirección Técnica - Servicio de Proyectos. Sección de Aforos (1974). Agradezco al Sr. San Vicente las facilidades concedidas para la obtención de los datos nivales. Barcelona.

grave al momento de intentar un estudio profundo de la influencia nival en los caudales, al carecer, como se ha dicho antes, de un mapa de nieve de evolución mensual.

I.4. Conclusiones

— El déficit de desagüe tiene carácter positivo en los puntos más próximos al lugar de nacimiento de los ríos principales y por tanto más cerca del Pirineo Axil.

— El déficit tabulado en la Cuenca Media y Baja se encuentra íntimamente relacionado con los embalses aguas arriba de las estaciones de aforo correspondientes, es por tanto un déficit irreal.

— El déficit de Pont de Suert, lugar en el que la Alta Cuenca forma un verdadero cuello de botella, es realmente importante, más si tenemos en cuenta que pocos kilómetros más arriba de este aforo, el superávit detectado parece ser importante.

— El superávit detectado en Ginaste, Caldas y Llesp, pueden encontrarse ligado: a la litología de la zona, a la menor evotranspiración del área o a toda una serie de aportes subterráneos no tabulados por ser hasta el momento desconocidos.

— El déficit de Pont de Suert puede estar también ligado a la litología del área fluyente, litología con capacidad de infiltración importante por ser estos terrenos del secundario formados a base de calizas, argumento que puede ser válido para el área correspondiente al río Baliera.

II. EL BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

II.1. El método

La obtención de los valores de la evapotranspiración pueden tener varios caminos. En lo que a nosotros concierne nos hemos decidido por el método de Thornthwaite que si bien no es perfecto para la aplicación en nuestro país, es el más conocido por su intensa aplicación y uso a diferentes tipos de trabajos.

II.2. El cálculo

El cálculo del balance hídrico en base a la evapotranspiración se reduce en un principio a la siguiente expresión³:

$$p = (E - D - R)$$

³ PEDELABORDE, P. (1968): "Les bilans hydriques". Cahiers de Geographie de Quebec. Núm. 25, abril. Canadá, págs. 5-23.

donde :

P = las precipitaciones
E = la evaporación
D = la esorrentía
R = las reservas almacenadas en el suelo
(todos los valores expresados en mm).

La fórmula anterior presenta una serie de incógnitas que el método de Thornthwaite permite averiguar.

En efecto, a través de él y posterior conocimiento de las precipitaciones y temperaturas podemos calcular el valor de la evapotranspiración E, la esorrentía o desagüe D, el déficit agrícola, la reserva de agua útil en el suelo y otros parámetros que son expresados en las correspondientes fichas hídricas.

II.3 *Los resultados*

Lo que a nosotros nos interesa en el presente caso es el conocimiento del déficit de desagüe medio anual a partir de los diferentes saldos negativos o positivos mensuales. Atendiendo a este criterio hemos obtenido el déficit de desagüe de las diferentes estaciones, en este caso meteorológicas por no ser necesarios los aforos para su cálculo.

Los valores hallados nos delimitan y enmarcan a la cuenca del Noguera Ribagorzana en dos áreas claramente distintas. Así tenemos que todo lo que se puede considerar Alta Cuenca, o sea aguas arriba de Escales, la disponibilidad hídrica es constante, destacando sobre los demás: los 123 mm de Cavallers, los 83,3 mm de Caldes de Bohí "Central" y los 80,9 mm de Vilaller.

En lo que al resto de la cuenca se refiere, es decir la parte Media y Baja, el déficit experimenta un incremento constante a partir de Escales, destacando los — 374,4 mm tabulados para el Coll de Foix, que podemos hacer extensivos al área de Alfarrás, y los — 266,3 mm obtenidos en Santa Ana.

Los valores hallados por el presente método difieren notablemente de los obtenidos por el procedimiento basado en el déficit de desagüe en base a la precipitación y al agua aforada.

Un simple contraste de cifras nos pone de relieve estas diferencias. Comparemos en la Alta Cuenca las estaciones que tienen aforo, con la estación meteorológica correspondiente y veremos en detalle lo antes apuntado. En efecto, si comparamos Pont de Suert vemos que por el procedimiento de Thornthwaite alcanzamos un balance de + 26,6 mm en favor de la pluviosidad, por lo que en realidad es un agua no tabulada y por tanto equivale a un verdadero déficit que nosotros equilibramos mediante la infiltración.

Ahora bien, estas cantidades positivas tabuladas por el método de Thornthwaite no hacen más que resaltarnos los puntos en los que el agua precipitada P, es superior a la suma de la evapotranspiración E y la esco-

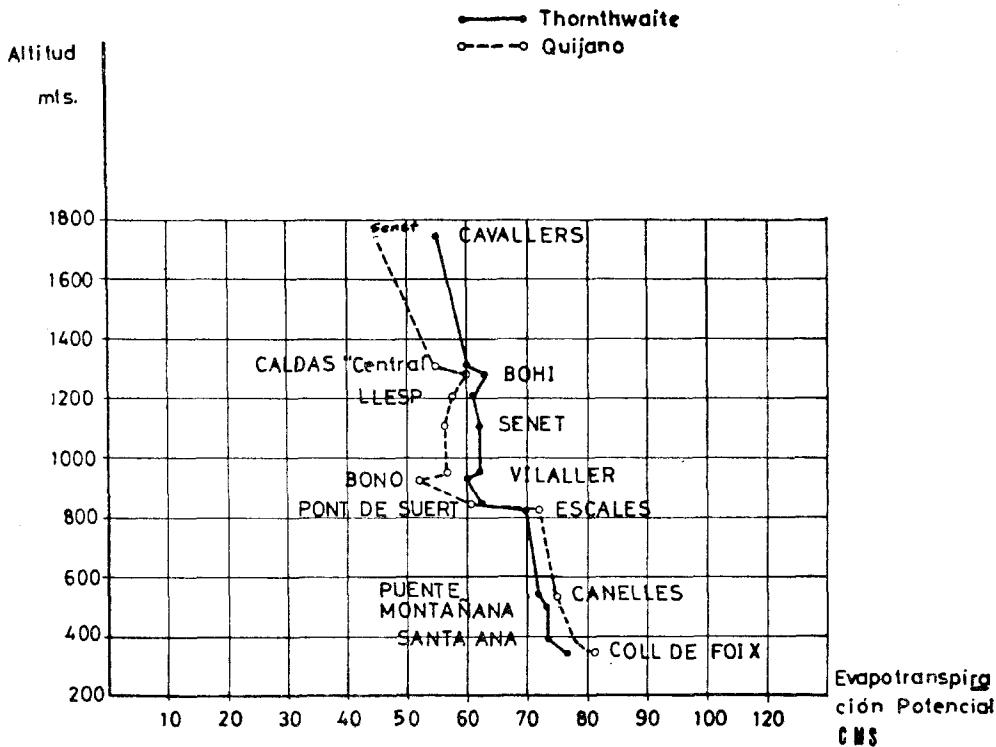


grafico-2

BALANCE HÍDRICO EN FUNCIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

Media anual mm.					
	P	Ev.	Q (esco- rrentía)	Déficit Agrícola Ep — cr	Déficit + Q D = P — (E + Q)
Senet	1.234,8	636,0	537,9	—	+ 60,9
Bono	1.136,6	620,8	453,3	—	+ 62,5
Vilaller	1.090,9	603,8	406,2	—	+ 80,9
P. Suert	914,7	636,6	251,5	—	+ 26,6
Cavallers	1.276,2	558,9	594,1	—	+123,0
C. Bohí "C"	1.074,8	605,6	385,9	—	+ 83,3
Bohí	1.009,3	616,8	331,2	—	+ 61,3
Llesp	1.052,8	621,2	359,7	—	+ 71,9
Escalaes	727,3	703,0	99,9	627,4	— 75,6
P. Mont.	602,8	721,2	57,5	536,9	—175,9
Canelles	504,8	738,5	—	499,0	—233,7
Santa Ana	472,4	738,6	—	468,0	—266,2
Coll de Foix	395,8	770,2	—	381,9	—374,4

rrerentía D; por ello hay que tomar dichos valores como una *disponibilidad de agua* que no es tabulada.

BALANCES HÍDRICOS

<i>Estaciones</i>	<i>Thornthwaite</i>	<i>Déficit desagüe</i>	<i>Amplitud</i>
Pont de Suert	I = (+) 26,60 mm.	— 41,24 mm.	67,84
Caldas de Bohí "Central"	I = (+) 83,30 mm.	+412,34 mm.	329,03
Llesp	I = (+) 71,90 mm.	+148,57 mm.	76,67
P. Montañana	—175,90 mm.	— 62,32 mm.	113,58
Santa Ana	—266,20 mm.	— 63,40 mm.	202,80

Las siguientes fórmulas aclararán los anteriores conceptos :

$$P = ETR + Lu$$

$$Lu = E + I$$

EVAPORACIÓN POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITTE
RESUMEN FICHA HÍDRICA ANUAL

<i>Observatorio</i>	<i>Tm</i> °C	<i>P</i> (cm)	<i>Ep</i> (cm)	<i>Ex</i> (cm)	<i>Défi- cit</i> (cm)	<i>Exceso</i> (cm)	<i>I Ari- dez</i>	<i>I hume- dad</i>	<i>Serie</i> <i>Años</i>
Senet	10,3	123,4	63,6	63,6	—	53,7	0	94,0	42
Bono	9,1	113,6	62,0	62,0	—	45,3	0	82,9	18
Vilaller	9,2	10,0	60,3	60,3	—	40,7	0	80,5	18
Cavallers	7,4	127,6	55,8	55,8	—	59,4	0	128,0	18
Caldas Boi Central	9,2	107,4	60,5	60,5	—	38,5	0	77,3	24
Boi	9,3	100,9	61,6	61,6	—	33,1	0	63,5	25
Llesp	9,7	105,2	62,1	62,1	—	35,9	0	69,3	18
Pont de Suert	10,2	91,4	63,6	63,6	—	25,1	0	43,6	47
Escaleas	12,5	72,7	70,3	62,9	8,01	10,0	11,3	14,8	12
Puente Montañana	12,8	60,2	70,1	53,6	18,4	—	25,5	9,0	34
Canelles	13,6	50,4	73,8	49,8	23,9	—	32,4	0,6	18
Santa Ana	14,1	47,2	73,8	46,8	26,9	—	36,6	0,5	18
Coll de Foix	14,0	39,5	77,0	38,9	38,0	—	49,0	0,6	25

donde :

- P = Pluviosidad
- ETR = Evapotranspiración real
- Lu = Lluvia útil
- E = Escorrentía
- I = Infiltración

En base a la anterior exposición realizamos el siguiente cálculo para Pont de Suert :

$$P = 914,7 \text{ mm}$$

$$ETR = 636,6$$

$$E = 251,5$$

de donde:

$$914,7 = 636,6 + (251,5 + I)$$

y por tanto:

$$914,7 = 888,1 + I$$

$$I = 914,7 - 888,1 = 26,6 \text{ mm}$$

Todo lo anterior viene a decirnos que lo que en un principio podríamos pensar que un superávit no es más que el agua que escapa a la evapotranspiración y es por tanto de la que podemos disponer, de ahí el nombre de lluvia útil⁴.

Cuando los resultados en base a la fórmula de Thornthwaite presentan un signo menos (—) nos encontramos en que la pluviosidad P, es menor que la evapotranspiración más la escorrentía. Es decir que nos encontramos en una serie de puntos en los que la infiltración a partir del agua de lluvia no es posible teóricamente por ser su valor global menor a las variables $ETR + Q$.

Las diferencias en los valores obtenidos por los dos métodos son claras. En la Alta Cuenca observamos cómo el procedimiento de Thornthwaite marca una clara "infiltración" que sólo se correlaciona con el déficit centrado en Pont de Suert, pero este último con un valor que casi supera en dos veces.

En el resto de las estaciones, y siempre en la misma zona, la disparidad de criterios resulta evidente, más si el déficit de desagüe se manifiesta positivo, mientras que el equilibrio hídrico a partir de la evapotranspiración a pesar de que resulta positivo en su disponibilidad potencial, tenemos que pensar que en su mayor parte corresponde a la infiltración.

II.4. Conclusiones

— El cálculo del balance hídrico a partir de la evapotranspiración nos presenta una cantidad de agua disponible en Cabecera —lluvia útil— que se escapa a dicho fenómeno y que por lo tanto no es tabulada, lo que en realidad constituye el déficit de desagüe que nosotros incluimos en infiltración para igualar la correspondiente expresión.

— En la Cuenca Media y Baja la pluviosidad se presenta inferior a la escorrentía más el desagüe, no pudiendo por tanto, teóricamente existir una infiltración importante a partir de la pluviometría.

— En Caldas de Bohí "Central" y Llesp la infiltración presenta valores similares no correspondidos con el saldo positivo del déficit de desagüe.

— La Alta Cuenca parece presentar unas disponibilidades hídricas a partir de agua infiltrada no lo suficientemente valoradas, de cara a un aprovechamiento hidroeléctrico.

4 Ministerio de Industria. Dirección General de Minas (1972). Plan Nacional de Minería. Programa de investigación minera. Mapa hidrogeológico Nacional y programa previo de investigación de aguas subterráneas. Madrid.

III. CONCLUSIONES GENERALES

— Sería interesante reconsiderar la ubicación de algunos de los observatorios, pues su actual localización no parece ser la más apropiada para tener una absoluta confianza en la bondad de las variables climatológicas obtenidas. Al mismo tiempo se tendría que procurar una paulatina complementación de las estaciones meteorológicas, a la par que resultaría muy interesante potenciar algunos puntos para la instalación de futuros observatorios al presentar una exposición y situación que podemos catalogar como óptimas.

— La topografía de la cuenca parece incidir de forma directa sobre los diferentes registros climatológicos, dando lugar a una zonificación climática a lo largo de todo el Noguera Ribagorzana.

— Las olas de frío y calor se hallan íntimamente ligadas a las situaciones de tiempo generales de la península y concretamente al Valle del Ebro.

— Las máximas temperaturas suelen localizarse entre la segunda quincena de junio y primera de julio, temperaturas que se basan en la estabilidad del anticiclón de las Azores.

— Enero es el mes que presenta mayor número de días con temperaturas inferiores a los 0°C.

— La primavera y el otoño se presentan, en líneas generales, como las estaciones climáticas de máxima pluviosidad, causa directa de los desplazamientos del Frente Polar.

— El "Tanque de Evaporación" parece ser el método más apropiado para averiguar la evaporación en superficie de agua libre. Por ello recomendamos la sustitución de los evaporímetros "Piche" por los anteriormente mencionados.

— Apreciamos una notable correlación entre: menor evaporación a una mayor altitud/latitud.

— El área de mayor humedad se centra en el Norte que es también la de mayor pluviosidad.

— Las lluvias de primavera y otoño presentan una clara incidencia en las crecidas monogénicas. Ahora bien, las grandes avenidas se han producido a causa de fuertes tormentas estivales que dan lugar a una curva de carácter monogénico que aparece con una base muy estrecha, índice del corto tiempo empleado en la concentración del caudal.

— El balance hídrico a partir del déficit de desagüe en Pont de Suert es altamente significativo, pues aguas arriba en este punto del déficit no aparece como tal el tener un balance positivo, por ello podemos pensar que la infiltración en este tramo de cuenca puede ser importante.

— Basándonos en el método Thornthwaite, la Alta Cuenca parece tener unos índices de infiltración positivos.

— Atendiendo a los dos últimos puntos opinamos que en la Alta Cuenca, vistas las características litológicas, geológicas e hídricas, pueden encontrarse

toda una serie de mantos acuíferos que no han sido lo suficientemente valorados de cara a un aprovechamiento hidráulico, lo que representaría de ser cierta la presente hipótesis, un incremento en la producción hidroeléctrica, al aumentar los recursos hídricos disponibles, nada desdeñable.

— Por ello y como punto final recomendamos: la investigación seria y profunda en las aguas subterráneas de la Cuenca del Noguera Ribagorzana, de manera especial en su tramo Medio y Superior.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A. (1958). — La vertiente Sur Pirenaica desde el punto de vista de la investigación petrolífera. *Notas y comunicaciones. Instituto Geológico y Minero de España*. II Trimestre, núm. 50. II Fas. Madrid.
- ALONSO FERNÁNDEZ, J. (1971). — La utilización de computadoras electrónicas en trabajos de Meteorología y Climatología. *Revista Geographica*. Madrid.
- BADORREY PERACHO, D. T. — Varios (1970). — Mapas de suelos de las provincias de Zaragoza, Huesca y Logroño. *Instituto de Edafología y Biología Vegetal*. C. S. I. C. Patronato Alonso Herrera y José M.^o Cuadrado. Madrid.
- BIELZA DE ORY, V. (1972). — Tierra Estella. Estudio Geográfico. Editorial Aranzadi. Pamplona.
- BIEL LUCEA, A.; PEDRAZA GARCÍA, L. (1962). — El clima de Zaragoza y Ensayo climatológico para el Valle del Ebro. *Servicio Meteorológico Nacional. Serie A*. (Memorias, núm. 36. Sección de Climatología). Madrid.
- CALVO PALACIOS, J. L. (1974). — Validez del Índice de Thornthwaite en el balance hídrico de la provincia de Logroño. *Documentos de Investigación Hidrológica*, núm. 16. Barcelona.
- CALVO GARCÍA-TORNEL (1968-69). — La huerta de Murcia y las inundaciones del Guadalentín. *Papeles del Departamento de Geografía-1*. Universidad de Murcia.
- CASTANY, G. (1967). — *Traité Pratique des eaux souterraines*. Editorial Dunod. París.
- COMELLAS, J. L. (1963-64). — Los estados de tiempo en la Cuenca de Pamplona. *Revista Geographica*. Departamento de Geografía. Enero-Diciembre. Zaragoza.
- DAUMAS, M. (1964). — Les crues du 3 août 1963 dans les hautes vallées aragonaises et catalanes. *Revista Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest* Tome XXXV. Toulouse.
- DANTIN CERECEDA, J. (1964). — El clima de la región asturleonés. *Revista de Estudios Geográficos*. Año V. núm. 14. Madrid.
- DAVIS, S. N.; ROGER, J. M. (1971). — Hidrogeología. Editorial Ariel. Barcelona.
- DAUPHINE, A. (1975). — Les régimes pluviométriques et leur distribution spatiale dans les Midlands français. *Revista L'espace géographique*, núm. 1. París.
- DE LEIVA, J. A.; TRILLA ARRUFAT, J. (1974). — Estudio Hidrogeológico del Mesozoico de la Identación Ibérica en la Cuenca del Ebro. Cronología de las aguas subterráneas. SMAGUA-74. Zaragoza.
- EGIDO, GARMENDÍA, SECO (1974). — La radiación solar como predictor de temperaturas máximas. *Revista Geofísica*. Vol. XXXIII, núms. 1 y 2. Instituto Nacional de Geofísica. C. S. I. C. Madrid.
- E. N. H. E. R. (1972). — Tomo dedicado a su XXV aniversario de su fundación. Barcelona.
- FERRER, M. (1960). — Los tipos de tiempo en la Europa Occidental según Pierre Laborde. *Geographica*. Enero-Diciembre. Zaragoza.
- FERRER, M. (1960). — El clima de Asturias según Pedro Mateo. *Geographica*. Enero-Diciembre. Zaragoza.
- FONTSERE, E.; CALCERÁN, F. (1938). — Les inundacions d'Octubre del 1937 a l'alt Pirineu. *Servei Meteorologic de Catalunya*. Barcelona.
- FONTAINE, P. (1962). — Analyse de la situation météorologique a l'origine des crues des 3 et 4 Octobre 1960 le Nord-Ouest du Massif Central. *La Météorologie*, núm. 65. París.

- FONTAINE, P.; PORTELA, C. (1959). — Causes météorologiques des grandes crues cévenoles du debut de l' automne. *La Météorologie*, núm. 53. París.
- HERIN, J.; TRZPIT (1975). — La genése des crues dans le bassin du Segura. *Rev. Géographiques des Pyrénées et du Sud-Ouest*. T. 46. Fas. 1. Toulouse
- HERNÁNDEZ, J. A.; GARMENDÍA, J. (1974). — Ponencia a la IV reunión de climatología del Patronato Alonso de Herrera sobre: "La Laplaciana de altitud". Inédito. Jaca.
- HORTON, R. E. (1933). — The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Anu. Geophys. Unión Trans.* U. S. A.
- HOUMAN, C. E. (1973). — Comparasion between pan and lake evaporation. *Nota técnica*, núm. 126. D. M. M. núm. 354. Ginebra.
- INSTITUCIÓN PAXOT (1930). — Atlas pluviométrico de Cataluña. Barcelona.
- GARCÍA DE PEDRAZA, L. (1964). — La predicción del tiempo en el Valle del Ebro. *Servicio Meteorológico Nacional*. Sección A. (Memorias), núm. 38. Madrid.
- GARCÍA MANRIQUE, E. (1971). — La evolución de los regadíos leridanos hacia los cultivos de frutales. *Papeles del Departamento de Geografía-3*. Universidad de Murcia.
- GIL ONGCINA, A. (1968). — El régimen del río Guadalentín. *Cuadernos de Geografía. Facultad de Letras*. Universidad de Valencia.
- GRISOLLET, H.; GUILMET, P.; ARLERY, R. (1968). — Climatologie. Méthodes et pratiques. Editeur Gautier-Villars. París.
- GUILCHER, S. (1965). — *Precis d'Hydrologie*. Editorial Masso. París.
- GORKYNSKY (1918). — Nouvelles isothermes de la Pologne, de l'Europe et du globe terrestre. Varsovia.
- JANSA, M. (1969). — Curso de Climatología. *Servicio Meteorológico Nacional*. Serie B. (Textos), núm. 19. Madrid.
- KUNOW, P. (1966). — El clima de Valencia y Baleares. Universidad de Valencia.
- MARTÍNEZ, B. (1839). — Sobrarbe y Aragón. Estudio histórico. 2 Tomos. Tipografía de E. Casañal y Cía. Zaragoza.
- MASACHS ALAVEDRA, V. (1948). — El régimen de los ríos peninsulares C. S. I. C., Instituto Lucas Mallada. Barcelona.
- MENSUÁ FERNÁNDEZ, S. (1968). — La zonación bioclimática de Navarra. *Miscelánea al Ilmo. Sr. D. José M.^a Lacarra y de Miguel*. Zaragoza.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (1967). — Balance hídrico por provincias de España. Dirección de Carretera y Caminos Vecinales. División de Materiales. Madrid.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA. DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS (1972). — Plan Nacional de la Minería. Mapa Hidrológico Nacional y programa previo de investigación de aguas subterráneas. Madrid.
- NEUMANN, H. (1960). — El clima del Sudeste de España. *Estudios Geográficos*. Instituto Juan Sebastián Elcano. Madrid.
- LECARPENTIER, C. (1975). — L' évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques. *Rev. Annales de Géographie* núm. 463. Armand. Colin. París.
- LINES ESCARDO, A. (1963). — Notas acerca de los temporales que afectaron a la España peninsular durante el segundo cuatrimestre de 1963. *Revista de Geofísica*. Octubre-Diciembre, núm. 88. Madrid.
- LISO PUENTE, M.; ASCASO LIRIA, A. (1969). — Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática del Ebro. *Anales de la estación Experimental del Aula Dei*. Vol. 10, núms. 1-2. Zaragoza.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1971). — Las precipitaciones en Murcia de 1862 a 1971. *Papeles del Departamento de Geografía-3*. Universidad de Murcia.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, A. (1972). — El agua en la cuenca del Segura. *Papeles del Departamento de Geografía-4*. Universidad de Murcia.
- LÓPEZ GÓMEZ, A. (1955). — La corriente en chorro y las perturbaciones atmosféricas. *Estudios Geográficos*, núm. 59. Madrid.
- LORENTE, J. M. (1955). — La variabilidad de las precipitaciones atmosféricas sobre la España Peninsular. *Revista de Geofísica*, núm. 55. Año XIV. Madrid.
- LOUP, J. (1974). — Les eaux terrestres. Hydrologie continentale. París.
- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. (1970). — Guía del sistema mundial del tratamiento de datos. Ginebra.

- ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (1970). — Guía de prácticas climatológicas. N. 100 T. P. 44 de la O. M. M. Ginebra.
- PARDÉ, M. (1932). — Fleuves et rivières. Collection U2. Editorial Arman Colin. París.
- PARDÉ, M. (1956). — Sobre los coeficientes y déficit de desagüe de las grandes crecidas. *Revista Geographica*. Año III. núm. 9-12. Departamento de Geografía Aplicada. C.S.I.C. Zaragoza.
- PARDÉ M. (1961). — Sur la puissance des crues en diverses parties du monde. *Revista Geographica. Número Monográfica. Año VIII*. Zaragoza.
- PEDELABORDE, P. (1959). — Circulation atmosphérique sur les Pyrénées français. C. D. U. París.
- PEDELABORDE, P. (1968). — Les Bilans Hydriques. *Cahiers de Géographie de Quebec*. número 25. Canadá.
- PEGUY-MOUNIER (1968). — Une Méthode de recherche climatique: l'analyse fréquentielle des précipitations tombées en 24 h. *Annales de Géographie*, núm. 424. París.
- PERRIN, R. (1974). — Les plains des Bas-Segre. Aspects de climatologie locale. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. Toulouse.
- PITA CARPENTIER, A. (1968). — Clima y vegetación arbórea. Aplicaciones a la Península Ibérica. *Servicio Meteorológico Nacional. Serie A*. (Memorias) núm. 48. Madrid.
- REMIENIERAS, G. (1972). — L'Hydrologie de l'ingénieur. Editorial Eyrolles. París.
- RIJCKBORST, H. (1967). — Hydrology of the upper-Garonne. Basis. Valle de Arán. Spain. *Leidse Geologische Medelingen, deel 40*. Holanda.
- SECO SANTOS; GARMENDÍA; LAUNDEGUI (1970). — Nueva fórmula para el cálculo de la evaporación. *Revista de Geofísica*. Vol. XXIX, núm. 1. Instituto Nacional de Geofísica. C. S. I. C. Madrid.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (Varios). — Resúmenes mensuales y boletines diarios. Madrid.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1974). Geografía de Catalunya. Tomo II. Editorial Aedos. Barcelona.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1954). — Geografía de España y Portugal. Tomo II. Editorial Montaner y Simón. Barcelona.
- SOLÉ SABARÍS, L. (1952). — Geografía de España y Portugal. Tomo I. Editorial Montaner y Simón. Barcelona.
- SCHIMITT, R. (1945). — El clima de Castilla la Vieja y Aragón. *Estudios Geográficos*. Año VI, núm. 20-21. Madrid.
- SMOTKIME, H. y otros (1968). — Etudes Hydrologiques et Géographiques. *Homenaje a M. Pardé*. Editorial Ophrys. París.
- TASSEL, A. (1944). — Crues exceptionnelles dans le Rousillon. *La Météorologie*. París.
- TONINI, D. (1951). — Méthodes employées en Italie pour l'évaluation des crues maxima cours d'eau. *Comité Français des grands Barrages. 4.º Congrés des Barrages. New-Delhi. Question núm. 12*.
- THORNTHWAITE, C. W. (1948). — An Approach Toward a Rational classification of climate. *Geogra. Rev. U. S. A.*
- TRICART, J.; CAILLEUX, A. (1966). — Le modèle des régions sèches. Fas. I. Centre Documentation Universitaire. París.
- UNESCO (1975). — Bulletin du Programme Hydrologique International Réunion d'experts sur un catalogue mondial des apports des fleuves aux océans. *Rev. Nature et Ressources*. Vol. XI, núm. 1. París.
- VIALA, R. (1969). — Les causes météorologiques des crues de l'Agout entre 1950 et 1960. *Rev. Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. Toulouse.
- VIERS, C. (1968). — Elements de Climatologie. Editorial Nathab. París.
- VIGNEAU, J. P. (1971). — Précipitations d'automne et perturbations méditerranéenne dans les Pyrénées orientales. *Rev. Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. T. 42. Fas. 3. Toulouse.
- ZIMMERSCHIED, W. (1949). — Acerca de las situaciones típicas de tiempo en la Península Ibérica. *Servicio Meteorológico Nacional. Publicaciones. Serie A*. (Memorias) núm. 20. Madrid.