

J. M. GARCIA-RUIZ
J. PUIGDEFABREGAS
J. CREUS

LOS RECURSOS
HIDRICOS
SUPERFICIALES
DEL
ALTO ARAGON

2

«Colección de Estudios Altoaragoneses»

INSTITUTO DE ESTUDIOS ALTOARAGONESES
(C.S.I.C.)

(DE LA EXCMA. DIPUTACION PROVINCIAL)
HUESCA

«Colección de Estudios Altoaragoneses», 2

Director: Antonio Durán Gudiol

Redacción y Administración:

Instituto de Estudios Altoaragoneses
C/. Duquesa de Villahermosa, 4
22001 HUESCA

LOS RECURSOS HIDRICOS
SUPERFICIALES
DEL ALTO ARAGON

JOSÉ M.ª GARCÍA-RUIZ
JUAN PUIGDEFÁBREGAS TOMÁS
JOSÉ CREUS NOVAU

LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES DEL ALTO ARAGON



Excma. Diputación Provincial
HUESCA
1985

© José M.^a García-Ruiz
Juan Puigdefábregas Tomás
José Creus Novau

I.S.B.N.: 84-398-5742-X

Depósito legal: Z-31-86

Imprime: Cometa, S. A. Carretera Castellón, Km. 3,4. Zaragoza

INDICE

INTRODUCCION	9
I. CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS DIFERENTES CUENCAS	11
1.1. DEFINICION DE CUENCAS BASICAS	11
1.2. METODOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO FISICO DE LAS CUENCAS	14
1.3. EL RELIEVE	15
1.4. LA CONSTITUCION LITOLOGICA Y SU INFLUENCIA HIDROLOGICA	19
II. CARACTERISTICAS CLIMATICAS	23
2.1. TEMPERATURAS	23
2.2. PRECIPITACIONES	25
2.2.1. Distribución estacional de las precipitaciones. Regímenes de lluvia	30
2.2.2. Duración y frecuencia de los períodos secos y húmedos Probabilidades de lluvias máximas	32
2.2.2.1. Duración del período seco	33
2.2.2.2. Frecuencia de precipitación diaria	36
2.2.2.3. Probabilidad mensual de lluvias máximas en varios días consecutivos	40
2.3. EVALUACION DEL VOLUMEN DE AGUA CAIDA EN CADA UNA DE LAS CUENCAS	44
2.3.1. Metodología y resultados	45
2.3.2. La precipitación en forma de nieve durante la época fría ...	51
2.3.2.1. Aspectos metodológicos del estudio de la nieve ..	52
2.4. EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION	57
2.4.1. Evaporación en las superficies de agua libres (embalses) ..	59
III. LA ESCORRENTIA	63
3.1. LAS FUENTES DE INFORMACION UTILIZADAS	64
3.2. METODOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS DE AFORO	67

3.2.1.	Tratamiento básico de los datos	67
3.2.1.1.	<i>Selección de un periodo de referencia</i>	67
3.2.1.2.	<i>Clasificación de las estaciones de aforo</i>	68
3.2.1.3.	<i>Naturalización de caudales y corrección de datos por métodos estadísticos</i>	70
3.2.2.	Tratamiento específico de los datos a nivel mensual y anual	73
3.2.3.	Tratamiento de caudales a nivel diario	75
3.2.3.1.	<i>Clasificación de caudales</i>	77
3.2.3.2.	<i>Detección de avenidas</i>	77
3.2.3.3.	<i>Análisis de aguas bajas</i>	77
3.3.	EVALUACION DE LAS APORTACIONES ANUALES	78
3.3.1.	Cuenca del río Aragón	78
3.3.2.	Cuenca del río Gállego	81
3.3.3.	Cuenca del río Cinca	83
3.3.4.	Cuenca del río Esera	85
3.3.5.	Las cuencas prepirenaicas	87
3.3.6.	El río Noguera Ribagorzana	88
3.3.7.	Estudio comparado de las diferentes cuencas	90
3.3.8.	El papel de las aportaciones fluviales en la provincia de Huesca en la descarga anual del río Ebro	92
3.4.	EVALUACION DE LA ESCORRENTIA MENSUAL	93
3.4.1.	Cuenca del río Aragón	93
3.4.2.	Cuenca del río Gállego	93
3.4.3.	Cuenca del río Cinca	119
3.4.4.	Cuenca del río Esera	132
3.4.5.	Cuenca prepirenaica	144
3.4.6.	El régimen del Cinca en Fraga	149
3.4.7.	Cuenca del río Noguera Ribagorzana	150
3.4.8.	Estudio comparado del régimen de las diferentes cuencas ..	162
3.4.9.	Influencia de la variacional estacional de los derrames del Pirineo central en el régimen del Ebro	166
3.5.	LAS CRECIDAS	170
3.5.1.	La importancia relativa de las crecidas	171
3.5.2.	La estacionalidad de las crecidas	172
3.5.3.	Frecuencia y probabilidad de crecidas	180
3.6.	LOS ESTIAJES	182
3.6.1.	Cuenca del río Aragón	183
3.6.2.	Cuenca del río Gállego	191
3.6.3.	Cuenca del río Cinca	196
3.6.4.	Cuenca del río Esera	202
3.6.5.	Cuenca del río Noguera Ribagorzana	210
3.6.6.	Cuenca prepirenaica	213
3.6.7.	Estudio comparado de los estiajes de la provincia de Huesca	216
IV.	CONCLUSIONES	219
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	223

La información básica para la realización de este trabajo ha sido obtenida gracias a la colaboración de diversas entidades públicas y privadas que a continuación se relacionan y a las cuales expresamos nuestro agradecimiento:

Centro de Estudios Hidrográficos.
Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC).
Comisaría de Aguas del Ebro.
Confederación Hidrográfica del Ebro.
Delegación de Agricultura de Huesca.
Eléctricas reunidas de Zaragoza.
Energía e Industrias Aragonesas.
ICONA
Instituto Nacional de Meteorología (Centro de la
cuenca del Ebro).
Sindicatos de Riegos del Alto Aragón.

Este libro es un resumen del informe presentado a la Diputación de Huesca con el título: «Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la provincia de Huesca». El lector interesado en consultar el texto original lo hallará en el Archivo de la Diputación Provincial de Huesca.

INTRODUCCION

En este libro se presenta una valoración de los recursos hídricos superficiales de la provincia de Huesca. El tema reviste en estos momentos una enorme importancia, sobre todo porque el agua está adquiriendo un gran interés estratégico y se confirma como uno de los factores más decisivos del desarrollo económico regional.

Las concentraciones urbanas e industriales necesitan asegurarse un caudal continuo y progresivamente más elevado, en función del propio incremento demográfico y del aumento del nivel de vida. Sin embargo, el problema no es el volumen de agua consumido en este apartado, sino sobre todo el deterioro y a veces inutilización que los desechos domésticos e industriales hacen de recursos más voluminosos, dificultando posibles usos ulteriores. Por otra parte, los planes de desarrollo rural a gran escala se basan en la transformación de extensas superficies de secano en regadío, lo que exige la disponibilidad de elevados caudales en las épocas de máxima evapotranspiración. Aún cabe añadir el interés que para la producción hidroeléctrica ofrecen unos cursos de agua dotados de fuerte pendiente y con unos caudales mínimos asegurados. De esta forma se deduce fácilmente el papel decisivo que pueden desempeñar aquellas regiones que cuenten con aguas abundantes y con un nivel aceptable de potabilidad.

La provincia de Huesca es precisamente una de esas áreas con importantes recursos hidrológicos. Como se tendrá ocasión de comprobar en las páginas siguientes, su red fluvial cuenta con aportaciones anuales relativamente elevadas y, lo que es mejor, sus regímenes de descarga son diversos y hasta cierto punto complementarios. Pocas son las ocasiones en las que los ríos altopirenaicos atraviesan por momentos de auténtica penuria de caudales y en algún río los estiajes son casi insensibles. Con una particularidad aún más interesante: el papel que desempeña la nieve en el régimen fluvial establece unas pautas de regularidad muy marcadas y crea una reserva que puede llegar a sentirse hasta bien avanzado el verano.

Pero si, como ya se ha dicho, el objetivo fundamental del trabajo es evaluar los recursos hídricos superficiales del Alto Aragón, no es menos cierto que paralelamente perseguimos otros objetivos más relacionados con nuestra actividad científica. Entre ellos destacamos:

I. CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS DIFERENTES CUENCAS

La aportación hídrica total y su distribución en el tiempo presentan una gran variabilidad entre unas cuencas y otras. Tal variabilidad se debe a una serie de factores físicos que directa o indirectamente influyen en el régimen fluvial. De entre ellos, la mayoría sólo varían en el espacio, y son permanentes —o casi— en el tiempo. Es el caso del relieve, la constitución geológica, el paisaje vegetal o las características de la red hidrográfica. Pero otros, como los climáticos, presentan una distribución muy variable tanto en el espacio como en el tiempo. Por su extraordinaria importancia para explicar el régimen fluvial, las características climáticas serán objeto de estudio en un capítulo independiente.

1.1. DEFINICION DE CUENCAS BASICAS

A la vista de los datos disponibles y de las características hidrográficas de la provincia de Huesca, decidimos estructurar el estudio en una serie de cuencas homogéneas. En ellas se encuentra representada toda la gama de influencias climáticas, litológicas y topográficas de Huesca, a condición además de que cada una de esas cuencas tuviera suficiente entidad por su caudal o régimen. A partir de ahí surgió la idea de las *cuencas básicas*, que vendrían cerradas a la altura de una estación de aforos suficientemente fiable desde el punto de vista de los datos disponibles. Su interés reside en que de acuerdo con esta estructura se elaboraron numerosos datos que podían ser perfectamente comparables. Citemos aquí, a modo de ejemplo, la elaboración del mapa litológico o el cálculo de diferentes índices físicos, pero sobre todo el tratamiento a nivel diario de los datos de aforo, lo que ha permitido profundizar en las cuencas básicas, sin que ello signifique un tratamiento marginal de otras estaciones de aforo.

SITUACION DE LOS AFOROS ESTUDIADOS
(Ver Tabla 1)

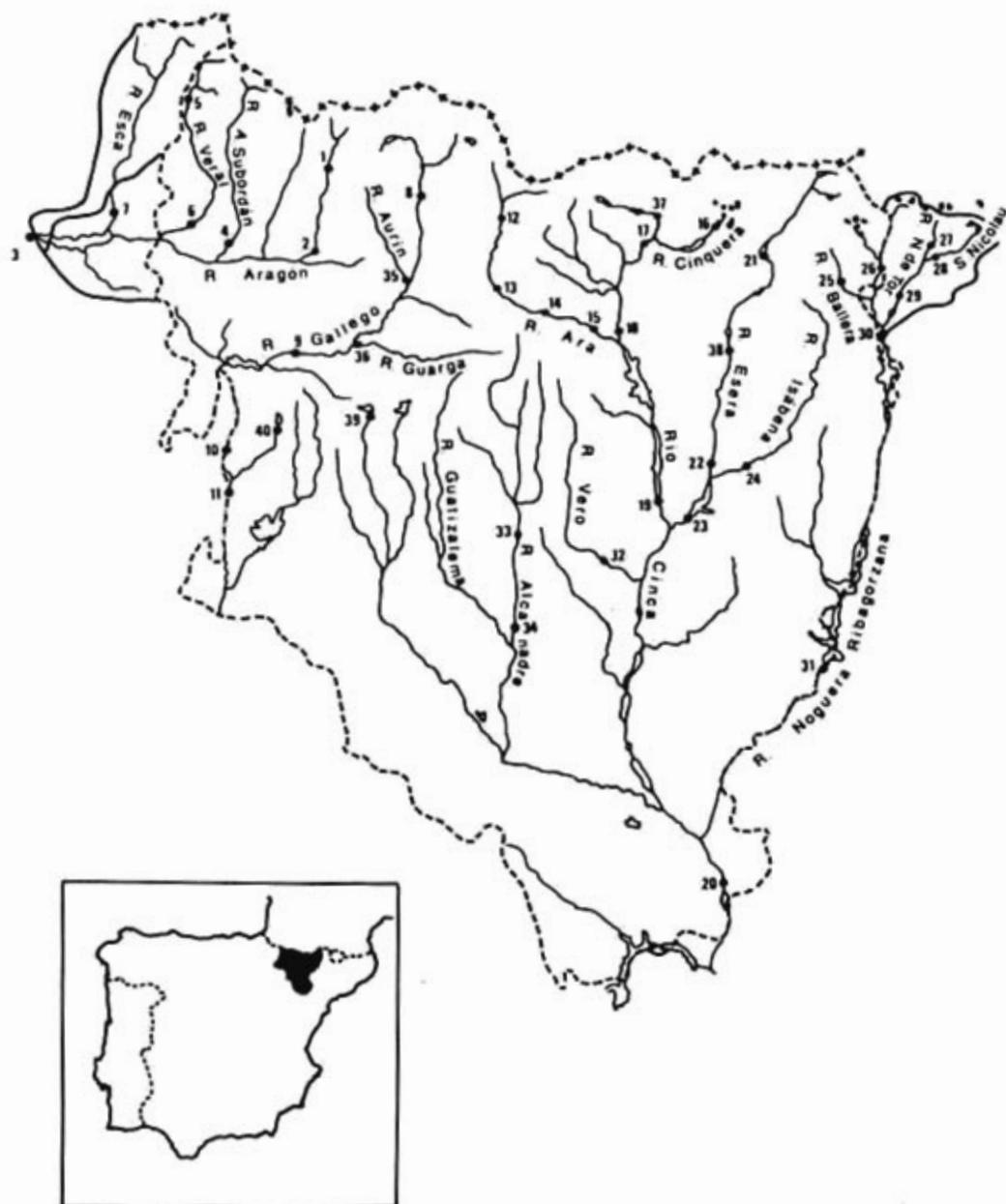


Figura n.º 1

Tabla n.º 1
LISTA DE REFERENCIA DE LAS ESTACIONES DE AFORO
ESTUDIADAS

AFORO	RIO	SUPERFICIE DE DRENAJE (Km. ²)
1. Canfranc	Aragón	62
2. Jaca	Aragón	238
3. Yesa	Aragón	2.191
4. Javierregay	A. Subordán	348
5. Zuriza	Veral	47
6. Biniés	Veral	161
7. Sigüés	Esca	506
8. Búbal	Gállego	290
9. Anzánigo	Gállego	1.391
10. Santa Eulalia	Gállego	1.901
11. Ardisa	Gállego	2.040
12. Torla	Ara	180
13. Fiscal	Ara	425
14. Jánovas	Ara	575
15. Boltaña	Ara	626
16. Molino de G.	Cinqueta	100
17. Lafortunada	Cinca	454
18. Aínsa	Cinca	835
19. El Grado	Cinca	2.127
20. Fraga	Cinca	9.612
21. Villanova	Esera	323
22. Graus	Esera	893
23. Barasona	Esera	1.511
24. Capella	Isábena	426
25. Noales	Baliera	76
26. Ginaste	N. Ribagorzana	149
27. Caldas de Bohí	Noguera Tor	49
28. P. San Nicolau	San Nicolau	64
29. Llesp	Noguera Tor	225
30. Pont de S.	Noguera Ribagorzana	558
31. Piñana	Noguera Ribagorzana	1.757
32. Barbastro	Vero	345
33. Lascellas	Alcanadre	501
34. Peralta de A.	Alcanadre	765
35. Aurín (*)	Aurín	83
36. Guarga (*)	Guarga	251
37. Bielsa (*)	Cinca	178
38. Campo (*)	Esera	654
39. Arguis	Isuela	21
40. La Nava	—	11

(*) Aforos estimados.

En definitiva, hemos dividido a la provincia de Huesca en las siguientes cuencas hidrográficas:

- Río Aragón, en Yesa.
- Río Gállego, en Santa Eulalia.
- Río Cinca, en El Grado.
- Río Esera, en Graus.
- Río Isábena, en Capella.
- Río Noguera Ribagorzana, en Pont de Suert.
- Río Vero, en Barbastro.

Además, y dado que el aforo de El Grado se encuentra afectado por el embalse del mismo nombre, localizamos otras dos cuencas básicas en el río Ara (Boltaña) y en el mismo río Cinca (Aínsa). Por lo que respecta al Prepirineo, consideramos suficiente una estación básica en el río Vero, si bien el vecino Alcanadre ha sido tratado con la mayor intensidad posible.

Como se apreciará, las estaciones básicas se localizan en lugares estratégicos. Así, el río Aragón se cierra poco después de que abandone la provincia de Huesca y haya recibido la serie de afluentes que se le incorporan perpendicularmente por la derecha. El Gállego, el Cinca y el Esera se cierran poco después de que hayan abandonado la montaña y, por lo tanto, una vez que han recibido lo esencial y más característico de su caudal. El Isábena queda prácticamente englobado en su totalidad en el aforo de Capella, poco antes de desembocar en el Esera, y lo mismo sucede con el Vero, afluente del Cinca. Por lo que respecta al río Noguera Ribagorzana, no ha podido evitarse el situar la cuenca básica a la altura de Pont de Suert, pues aguas abajo la influencia de embalses y canales se deja sentir muy intensamente.

1.2. METODOS UTILIZADOS PARA EL ESTUDIO FISICO DE LAS CUENCAS

Hemos considerado esencialmente los dos aspectos que poseen mayor influencia hidrológica: la constitución litológica del sustrato y la topografía.

a) El mapa litológico se ha elaborado a escala 1:200.000 a partir de los mapas geológicos que ha publicado el Instituto Geológico y Minero a esa misma escala. No obstante, hemos tenido que recurrir a una reelaboración propia, con información fragmentada de otros autores o de nuestras observaciones sobre el terreno, pues los citados mapas son esencialmente estratigráficos y tectónicos. Por otra parte, hemos simplificado el contenido del mapa para facilitar su lectura y resaltar los aspectos con mayores repercusiones hidrológicas.

b) Para el estudio topográfico, cada cuenca se dividió en cuadrados de 1 Km. de lado, aprovechando para ello la cuadrícula UTM del Mapa

Militar de España a escala 1:50.000. En cada cuadrado se midieron los siguientes atributos:

- Altitud del punto central.
- Pendiente (se calculó la más representativa de cada cuadrado).
- Exposición.
- Subcuenca hidrográfica.
- Coordenadas UTM.

El inventario así realizado permitió determinar para cada cuenca los valores medios de altitud y pendiente, así como la distribución de frecuencias de cuadrados dentro de una gama de clases para cada una de estas variables.

Además, pudimos asignar a cada cuadrado un porcentaje de radiación potencial incidente respecto a una superficie llana situada a la misma latitud. Para ello utilizamos las tablas de Frank y Lee (1966), que indican los valores de radiación potencial incidente en función de la latitud, exposición y pendiente. De esta manera, calculamos para cada cuenca un valor medio de soleamiento y la distribución de superficies respecto a esta variable.

c) Por último, se dibujó a escala 1:100.000 toda la compleja red de afluentes y subafluentes, para obtener el número y longitud de los ríos y barrancos incluidos dentro de cada orden según el método de Strahler. Con este procedimiento —añadiendo además la longitud del perímetro de cada cuenca— pudieron obtenerse:

- El índice de compacidad o de Gravelius.
- La densidad de drenaje.
- El índice de torrencialidad.

Los resultados pueden consultarse en la tabla n.º 2.

1.3. EL RELIEVE

De todos es conocido el papel condensador de las cadenas montañosas. Sin excepción, los macizos se comportan como áreas en las que las precipitaciones experimentan un notable incremento, lo que repercute en la cantidad de agua aportada por los ríos. Este fenómeno adquiere una importancia muy superior en nuestras latitudes, donde los llanos suelen ser avaros en precipitación y donde las montañas suelen comportarse con frecuencia como auténticos oasis y reservorios de humedad.

En efecto, la provincia de Huesca se halla enclavada dentro del valle del Ebro, en el cuadrante Nordeste de la Península Ibérica. En estas latitudes (aproximadamente entre 41 y 43 grados de latitud norte) el paso de corrientes perturbadas atlánticas, portadoras de lluvia, se encuentra en su borde meridional. Por esta razón, tal como podrá comprobarse en ulteriores apartados, la precipitación no es ni tan abundante ni presenta las mismas pautas de regularidad que en Europa occidental. Es más, las regiones de

llanura presentan déficits acentuados de humedad y en algunos casos puede hablarse de auténtica aridez.

En estas condiciones, resulta importantísimo tener en cuenta la distribución y características del relieve del Valle del Ebro, y más concretamente de la provincia de Huesca.

El Valle del Ebro está formado por un corredor central que sigue la dirección NW-SE, enmarcado a modo de triángulo por tres cadenas montañosas de desigual importancia. Por el norte, los Pirineos separan la cuenca del Ebro de los ríos franceses que se dirigen hacia el Atlántico (Adour y Garona) o hacia el Mediterráneo (Aude y Tech). Por el suroeste el Sistema Ibérico carece de la entidad y continuidad de los Pirineos y ejerce la función de divisoria de aguas con el Duero, Tajo y algunos de los ríos levantinos (Turia y Mijares, principalmente). Al este se levantan los pesados macizos de la Cordillera Costero-Catalana, que individualizan la cuenca del Pirineo Oriental. Entre tales alineaciones se inscribe la Depresión del Ebro, cuenca terciaria de materiales continentales poco afectados por la tectónica y que da lugar a la formación de grandes espacios abiertos.

Dentro de este conjunto, la provincia de Huesca participa de dos grandes unidades morfoestructurales con sus correspondientes líneas de relieve. La observación de un mapa de la provincia de Huesca a escala conveniente permite separar el tercio septentrional de los dos tercios centro-meridionales. Por un lado, vamos a encontrarnos con los núcleos orográficos más importantes del Pirineo Central y, por otra parte, con las espaciosas superficies del piedemonte pirenaico (Somontano) y de los llanos de la Depresión del Ebro.

De oeste a este los Pirineos Centrales van aumentando sus altitudes y anchura, pero, en cualquier caso, las partes más elevadas superan siempre los 2.200 m. de altitud. En este tramo central los Pirineos aparecen topográficamente divididos en tres grandes conjuntos: a) las altas alineaciones fronterizas, que como se verá, presentan nuevas divisiones desde un punto de vista geológico, con las mayores elevaciones de toda la Cordillera. Tales alineaciones siguen un marcado sentido de oeste a este, interrumpidas frecuentemente por los valles transversales que se encajan formando profundos cañones. b) La depresión interior altoaragonesa, originada a partir de rocas más blandas, también en sentido oeste-este, desde el embalse de Yesa hasta la localidad de Campo, en el valle del río Esera pasando por la Canal de Berdún, la Val Ancha y el Valle del Ara desde Fiscal hasta Boltaña. c) Por último, el llamado Prepireneo, de altitudes modestas, aunque con relieve accidentado. Numerosas depresiones interrumpen la continuidad prepirenaica, en la que con cierta frecuencia los ríos procedentes de los altos valles pirenaicos forman también espectaculares cañones.

La distribución altimétrica de las diferentes cuencas permite comprobar la importancia relativa de la orografía. Las altitudes superiores a 2.000 m. se encuentran muy poco representadas dentro de la cuenca del río Aragón, donde sólo destacan de forma aislada los macizos de las Blancas, los Aspes y Collarada. Así, a la altura de Yesa cuenta con sólo un 0,2 % del territorio por encima de 2.500 m. y un 5,3 % por encima de 2.000. En sus

afluentes este hecho es aún más evidente, con clara tendencia a una disminución altitudinal hacia el oeste, lo que explica muchas de las características del régimen fluvial, especialmente a la hora de analizar la acumulación y fusión de la nieve.

En la cuenca del río Gállego la proporción altimétrica se altera en conjunto levemente, aunque en la cabecera influyen mucho los relieves de Telera y Tendeñera y, sobre todo, el macizo granítico de Panticosa, cuyas elevaciones más importantes rebasan los 3.000 m. de altitud.

En la cuenca del Ara-Cinca se sitúa el macizo de Marboré-Monte Perdido, con notable superficie a más de 3.000 m. En Boltaña y Aínsa ambos ríos cuentan con un elevado porcentaje de cuenca por encima de 2.000 m. (20,1 y 30,3 %) y en El Grado es del 17,8 %. En esta localidad la cuenca del Cinca dispone de un 9,5 % de su territorio por encima de 2.500m.

La cuenca del Esera asienta su cabecera sobre los macizos más elevados del Pirineo. El Posets y los picos de Maladeta-Aneto superan los 3.000 m. de altitud (Aneto 3404 m.), de tal forma que en Villanova la superficie situada sobre los 3.000 m. es de un 2,2 %. Estas elevaciones propician la existencia de reducidos glaciares, de escasa significación hidrológica, si bien lo importante en este caso es el retraso con que se produce la fusión de la nieve caída en cabecera. En Villanova, la superficie de cuenca situada sobre los 2.500 m. de altitud supone un 26,4 % del total, que pasa a ser un 65,6 % si nos referimos a la superficie por encima de los 2.000 m. En Graus, aguas abajo, estas dos últimas cifras suponen todavía un 9,5 y un 27,6 % respectivamente.

En la cabecera del Noguera Ribagorzana apenas vamos a encontrar ya macizos de más de 3.000 m. de altitud, si bien todavía son importantes los relieves de más de 2.000 m.

En la estación básica de Pont de Suert, el 44,2 % de la cuenca, se halla por encima de ZOOM.

Por último, en las cuencas prepirenaicas analizadas (Vero y Alcanadre) nos vamos a encontrar con relieves mucho más modestos, pues su cabecera se inscribe en plenas sierras Exteriores. Solamente la Sierra de Guara (altitud: 2.077 m.) rebasa por poco los 2.000 m. en la cabecera del río Alcanadre, pero en todo el río Vero no se supera ya dicha cifra.

Las diferencias que se aprecian entre las cuencas pirenaicas en cuanto a altitudes vuelven a aflorar en el estudio de las pendientes.

No resulta sorprendente comprobar que los datos más bajos corresponden a ríos cuya cuenca está, en su totalidad o en parte, incluida dentro del sector prepirenaico o incluso dentro de la Depresión del Ebro. Por otra parte, es interesante confirmar que los ríos de la cuenca del Aragón poseen valores de pendiente de entre los más bajos de las cuencas básicas, y que esos valores van disminuyendo —como en el caso de las altitudes— hacia el Oeste. A la altura de Yesa la superficie con pendiente superior al 50 % es del 8,1 %. No cuenta tampoco con fuertes pendientes —salvo en su parte superior— la cuenca del río Gállego. Por el contrario, en las restantes cuencas las pendientes se acentúan, como es el caso del Cinca, a la altura de Aínsa (un 39,5 % del territorio con pendiente superior al 50 %), o en

otros tramos concretos de su cabecera (en Bielsa, un 67,6 %). Otro tanto sucede con el Esera, donde a la altura de Villanova el 63,6 % de la cuenca posee pendientes de más del 50 %, algo atenuadas en Graus (28,6 %). En la cuenca del Noguera Ribagorzana las cifras son también elevadas para los tramos de cabecera, manteniéndose todavía altas en el río principal a la altura de Pont de Suert (40,5 %). Hemos omitido voluntariamente toda referencia a la pendiente media, cuya inclusión hubiera servido sólo para aumentar la confusión con más cifras. Señalemos, no obstante, que dicha pendiente media no hace sino confirmar lo aportado por el porcentaje de superficie con pendiente superior al 50 %.

Como ya hemos señalado anteriormente, hemos valorado en cada cuenca el porcentaje de radiación recibida con respecto a la horizontal.

Aquí el estudio se limitó a las áreas situadas por encima de 1.600 m. La razón de esta limitación se debe al objetivo mismo de la radiación, que en este caso no es otro que el de llegar a conclusiones acerca de la velocidad de fusión de la nieve en primavera. Por ello, el análisis de la radiación sólo interesa para aquellos territorios situados por encima de aquel nivel en el que la nieve invernal queda en su mayoría retenida hasta la fusión primaveral. Tal información se incluye aquí por tener que ver esencialmente con la disposición del relieve.

De los resultados obtenidos se deduce la existencia de un grupo de cuencas en las que una parte importante del territorio está en situación umbría, y por lo tanto retrasa la fusión nival. De entre tales cuencas destacan especialmente la del río Aragón hasta Canfranc, que sólo recibe un 79,3 % de la radiación que recibiría una superficie horizontal; esta cifra se explica porque en su cabecera el Aragón recibe varios afluentes que fluyen en sentido Este-Oeste y que por lo tanto presentan al menos la mitad del valle en exposición norte. Siguen en este sentido la cuenca del Veral hasta Zurita (84 % de la radiación recibida por una superficie horizontal) y la del Gállego hasta Búbal (84,1), por razones parecidas a las del Aragón superior. Cuencas asimismo umbrías serían la del Cinca hasta Bielsa (84,8 %), la del Noguera Ribagorzana hasta Pont de Suert o el Esera hasta Villanova. En el extremo opuesto, con importantes exposiciones meridionales, se encuentran la cuenca del río Ara hasta Torla (90 %) y Boltaña (90,7 %) ¹, la del río Isábena hasta Capella (90,7 %) y del Vero hasta Barbastro (90,7 %), ambos ríos con relieves ampliamente abiertos hacia el Sur, sobre todo en las estribaciones prepirenaicas.

Todo esto por lo que se refiere al tercio septentrional de la provincia de Huesca. Hacia el Sur, el contacto con el llano se efectúa por medio de unos contrafuertes que a modo de muralla marcan un fuerte contraste entre dos mundos topográficamente opuestos. A partir de aquí el relieve deja de ser abrupto y se abre en extensas plataformas delimitadas por escarpes de poca energía y sectores depresivos allí donde afloran rocas más blandas. Se

¹ No hay más que tener en cuenta la existencia del macizo de Monte Perdido o Marboré que, al discurrir de Oeste a Este presenta un extenso flanco hacia el Sur.

gana en perspectiva lo que se pierde en pendiente media, y algunos tramos son incapaces de evacuar sus aguas hacia ríos exógenos (laguna de Sariñena y otras menos importantes en los Monegros).

1.4. LA CONSTITUCION LITOLÓGICA Y SU INFLUENCIA HIDROLÓGICA

Pirineos y Depresión del Ebro son las dos unidades estructurales a partir de las cuales se configura el relieve de la provincia de Huesca. Frente a la simplicidad litológica de la Depresión, los Pirineos muestran una extrema complejidad, con diferentes posibilidades de formación de reservas hídricas durante las estaciones húmedas y previsibles trasvases subterráneos entre unas cuencas y otras.

En la tabla n.º 3 puede consultarse la distribución de los diferentes tipos de rocas por cuencas. Los granitos y las pizarras predominan en la del Noguera Ribagorzana hasta Pont de Suert, donde ocupan respectivamente el 33,2 % y el 43 % del territorio. Es la única cuenca donde las rocas paleozoicas ofrecen cifras muy superiores a las mesozoicas y terciarias. En la cuenca del Aragón y el flysch representa un 40,8 %, las calizas un 23,2 % y las margas un 18,4 %. En el Gállego, hasta Santa Eulalia, las arcillas (23,3 %) y areniscas (21,9 %) de la cuenca prepirenaica cobran especial importancia, si bien su peso hidrológico es menor por aparecer en un tramo que recibe menores precipitaciones. En su cabecera el Gállego posee un 58 % de cuenca ocupado por pizarras. Las cuencas más calcáreas son el Cinca y el Esera, donde la caliza representa respectivamente un 30,7 % y un 34,5 %.

De acuerdo con los esquemas tradicionales, la caliza se comportaría como una roca muy capaz de almacenar importantes reservas de agua durante la estación húmeda para ir soltándola en las épocas más secas. Este criterio sirve cuando se trata de calizas con carst de circulación lenta. En otros casos —y existen datos de ello en el macizo de Marboré— dicha circulación es muy rápida y en pocos días se evacua el agua de una precipitación (Hernanz y Carreras, 1966), quedando sólo una parte de este agua afectada por una circulación más lenta. En estos casos el papel regulador de las calizas es más moderado.

Pueden, asimismo, constituir una importante reserva las areniscas, sobre todo si no alternan con arcillas, y los granitos a condición de no haber sufrido una intensa tectonización. Por el contrario, se comportan muy mal en este sentido las margas y arcillas (por su impermeabilidad), el flysch (por su alternancia breve de areniscas y margas), y las pizarras.

Las calizas, además de garantizar en ocasiones la formación de una reserva hídrica, pueden crear trasvases subterráneos entre cuencas. La disolución de las calizas en profundidad, favorecida a veces por una intensa tectonización y por una estructura favorable, puede dar lugar a capturas subterráneas de agua que en superficie debería dirigirse hacia otras cuencas. Este proceso no es sencillo de detectar, pero con todo disponemos de algunos datos suficientemente significativos.

Tabla n.º 2

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS DE LAS CUENCAS
DEFINIDAS POR LOS AFOROS QUE SE INDICAN
(% de la superficie ocupada por las distintas rocas)

	Cali- zas	Cal. margos	Grani- to.	Pi- zarras	Margas	Are- niscas	Conglo merad.	Meta- morf.	Flysch	Arcil- llas.	Arcil. Arens.	Cuar- citas.
Rfo Aragón hasta Yesa	23,23	--	--	1,85	18,35	4,33	1,06	--	40,85	10,26	--	--
Rfo Gállego hasta Bubaí	22,63	--	17,15	58,16	--	2,04	--	--	--	--	--	--
Rfa Aurín -desembocadura	14,60	--	--	--	11,90	--	--	--	74,50	--	--	--
Rfo Guarga -desembocadura	--	--	--	--	1,31	57,63	13,31	--	--	27,74	--	--
Rfo Gállego hasta S. Eulalia	11,39	--	2,70	9,18	11,04	21,90	3,50	--	12,87	23,35	4,04	--
Rfo Ara hasta Boltaña	28,19	--	1,64	5,97	7,68	9,03	2,30	--	45,16	--	--	--
Rfo Cinca hasta Bielsa	37,51	--	24,23	19,58	--	18,65	--	--	--	--	--	--
Rfo Cinca hasta Ainsa	50,83	--	9,06	7,57	2,81	10,73	--	1,68	14,59	--	--	2,70
Rfo Cinca hasta El Grado	30,75	1,59	4,01	4,71	21,49	10,57	1,91	0,65	20,59	--	2,62	1,05
Rfo Esera hasta Campo	46,66	0,63	17,05	17,20	3,36	4,34	1,62	8,82	--	--	--	0,28
Rfo Esera hasta Graus	34,52	10,07	12,34	12,45	15,74	3,14	5,11	6,38	--	--	--	0,20
Rfo Isábena hasta Capella	25,73	30,81	--	6,99	21,39	5,62	9,43	--	--	--	--	--
Rfo N. Ribagorzana -P. de Suert	2,16	6,47	33,25	43,09	3,29	2,69	2,21	6,80	--	--	--	--
Rfo Vero hasta Barbastro	26,77	--	--	--	8,93	4,01	6,50	--	0,07	--	53,69	--

En esquema podemos señalar la existencia de los siguientes trasvases subterráneos:

— En la cabecera del río Aragón, las aguas de los ibones de Tortiellas van al parecer hacia la cuenca del río Estarrún en la resurgencia de Rigüvas. En este caso, la pérdida del Aragón se reconstruye pronto al incorporársele el mismo río Estarrún aguas abajo². En un estudio ya clásico de Llopis Lladó puede hallarse más información al respecto (Llopis Lladó, 1947).

— Dentro también de la cuenca del Aragón, el Subordán incorpora en su mismo lecho aguas que presumiblemente proceden de su vecino río Veral, del que escapan en la vertiente meridional de Peña Forca (Davy, L., 1978).

— En la cuenca alta del Cinca no se conocen desplazamientos subterráneos de agua hacia otras cuencas. Sí son numerosos, sin embargo, los existentes en su interior, de los que los del macizo de Marboré son relativamente bien conocidos. Es éste precisamente un caso de circulación cárstica rápida, pues el nivel de base de las surgencias está muy bajo (Hernanz y Carreras, 1966).

— Más importante es el desplazamiento subterráneo hacia el Alto Garona de las aguas de la cabecera del Esera. En el contacto entre las calizas devónicas y el granito se establece un conducto por el que fluye todo el alto Esera que se ve así privado de la escorrentía de cabecera (Aigualluts).

² La pérdida del Aragón en su cabecera, como los demás trasvases, se comprueban más adelante al relacionar las precipitaciones caídas en una cuenca y la aportación de su río principal.

II. CARACTERISTICAS CLIMATICAS

El ambiente climático de la provincia de Huesca se caracteriza por acusados contrastes espaciales. A nadie escapan las diferencias existentes entre su mitad meridional, cálida y seca, y la parte septentrional, donde la abundancia de precipitaciones y la altitud condicionan un ambiente más fresco y húmedo. Sus elevados relieves provocan importantes descensos de temperaturas responsables del rigor invernal, a la vez que un incremento de volumen de las precipitaciones que hacen disminuir, incluso desaparecer, los rasgos de aridez tan característicos de la mitad meridional de la provincia al Sur de las Sierras Exteriores.

2.1 TEMPERATURAS

Aunque aparentemente el estudio de las temperaturas presenta menor interés que el de las precipitaciones, lo cierto es que tiene indudables repercusiones hidrológicas. En este sentido, conviene destacar su papel en la retención nival y en la evaporación a través de la cual se pierden importantes volúmenes de agua.

Por su situación al abrigo de los Pirineos, y en consecuencia en clara exposición sur, la provincia de Huesca disfruta de temperaturas relativamente altas en aquellas zonas donde la influencia del relieve es mínima. A su vez, los matices de continentalidad que se extienden por sus dos tercios meridionales son responsables de las elevadas temperaturas estivales y de los acusados descensos térmicos que pueden darse en cualquier época del año, independientemente de que las máximas sean ya relativamente altas.

El gradiente general refleja las variaciones del relieve de manera que la temperatura disminuye de sur a norte en función de la altitud. A partir de su punto más meridional la temperatura desciende hacia los Pirineos a razón de 0,6° por cada 100 m. de incremento de altitud, según la ecuación:

$$y = -0,006 X + 15,847$$
$$r = -0,97$$

Este gradiente altitudinal es suave hasta el comienzo de las Sierras Exteriores, pues en toda la mitad meridional de la provincia las diferencias en la temperatura media anual apenas sobrepasa los 2° C (15,13° en Fraga y 13,08 y 13,43 en Puente de Montañana y Huesca, respectivamente). A partir de aquéllas la disminución es mucho más rápida debido a las bruscas variaciones del relieve, a excepción de la Depresión longitudinal de Yesa a Campo, donde la poca energía del relieve permite que los valores sean similares a los del Somontano. Al penetrar en las condiciones plenamente montanas los valores descienden rápidamente hasta alcanzar medias anuales, según la altitud, de tan sólo 10,03° en Benasque, 8,1° en Canfranc y 6,2° en Panticosa. Este gradiente de disminución nos permitiría adjudicar valores medios anuales de -4° C en las altas cumbres pirenaicas.

En su conjunto, el Pirineo constituye una unidad térmicamente fría que podría enmarcarse con la isoterma de 9,5°, incluyendo no sólo la zona propiamente pirenaica, sino también el conjunto de las Sierras Exteriores, donde las condiciones climáticas también son de tipo montano. En esta zona las amplitudes diarias y anuales son inferiores a las del llano y siempre, por supuesto, con máximas más frescas y mínimas más severas.

Hacia los 1.200 m. de altitud son frecuentes temperaturas mínimas de -10°, llegándose a valores extremos de hasta -13°. Hiela durante unos 130 días al año, de octubre a mayo, si bien durante estos dos meses las temperaturas por debajo de 0° sólo suponen el 13 y 6 % respectivamente de los días del mes. Del número total de días de helada, 34 registran valores inferiores a -5° y se centran en los meses de diciembre, enero y febrero. Tan sólo de junio a septiembre se dan valores máximos superiores a 25°, con un promedio de 25 días durante esta época. En esta cota la oscilación media extrema anual es del orden de los 30°.

Estas condiciones térmicas van enfriándose progresivamente, de modo que hacia los 1.600 m. son frecuentes mínimas diarias de -13° y valores extremos de hasta -17°. Hiela durante unos 145 días dentro de un período que va de octubre a junio, si bien a este último mes únicamente le afecta el 3 % de sus días. Durante 48 días el termómetro desciende por debajo de -5°, provocando fuertes heladas que empiezan a ser notorias a partir de noviembre y duran hasta abril, con posibilidad de prolongarse hasta mayo de forma esporádica. Durante la época invernal más fría (diciembre a marzo) la isoterma de 0° se sitúa hacia esa altitud. Las máximas absolutas rara vez alcanzan los 23° y tan sólo 8 días al año (repartidos en los meses de junio, julio y agosto) rebasan los 25° de máxima. Este descenso de las temperaturas implica una reducción de la amplitud media extrema anual, de manera que a esa altitud es de unos 25° (media de máximas de 20,5° C en junio y media de mínimas de -4,5° C en enero).

Dentro de esta gradación altitudinal de la zona montana, las condiciones medias hasta ahora descritas presentan matices muy significativos según se trate de los valles occidentales (Aragón y Gállego), o de los orientales. Los primeros disfrutan de un ambiente más termorregulado como consecuencia de la mayor humedad atmosférica debida a la influencia oceánica; por el contrario, en la zona oriental las amplitudes térmicas se incrementan y el

grado de continentalidad se acentúa. Por consiguiente, a igual altitud, hacia el E. el calor es más intenso y los descensos de temperaturas más frecuentes.

Al sur de todo el sistema pirenaico y sus estribaciones las condiciones montanas desaparecen, como lo prueba la reducción de los fuertes descensos térmicos y el incremento de las temperaturas máximas. Factor que, unido a la característica sequedad del aire de la cubeta del Ebro, provoca evaporaciones potencialmente muy elevadas, si bien la evapotranspiración real queda disminuida por insuficiencia de agua que evaporar. En Huesca el termómetro desciende unos 18 días al año por debajo de 0° C y unos 14 días en Fraga, y en ambos puntos rara vez se sobrepasan los -5° C. Debe señalarse también que, debido a los fenómenos de inversión, pueden darse mínimas más frías en Fraga que en Huesca, pues la acumulación de aire frío en el fondo de la cubeta del Ebro crea esta anomalía térmica altitudinal. En comparación con la zona montana las máximas aumentan de forma clara, hasta el punto que en Huesca se superan los 25° C durante 97 días, los 30° C durante 48 días y los 35° C durante 9 días. En el Sur de la provincia, y debido a su situación más en el centro de la cubeta del Ebro, estas mismas temperaturas se superan durante 107, 53 y 12 días, respectivamente. Las máximas extremas pueden alcanzar perfectamente los 40° en cualquier punto de esta zona. El calor estival, que puede incluso adelantarse a mediados de abril en algunos años, no se prolonga más allá de finales de septiembre, momento en que las primeras lluvias otoñales comienzan a refrescar la atmósfera. La temperatura media llega a descender hasta 6° de septiembre a octubre y similar valor de octubre a noviembre, de manera que en ninguna otra época del año se produce una variación tan rápida de la temperatura. Disminución térmica asociada a una reducción de la evaporación que además coincide con la irrupción de las tormentas otoñales.

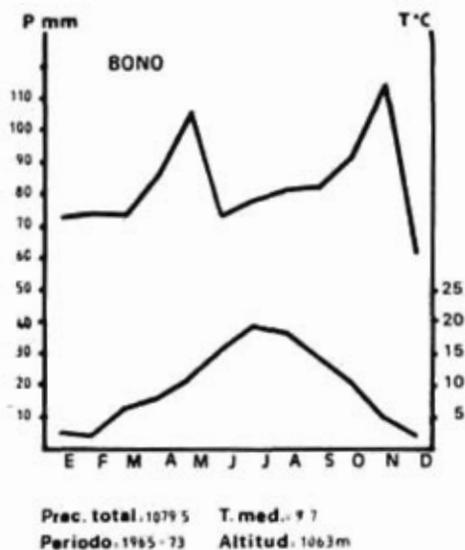
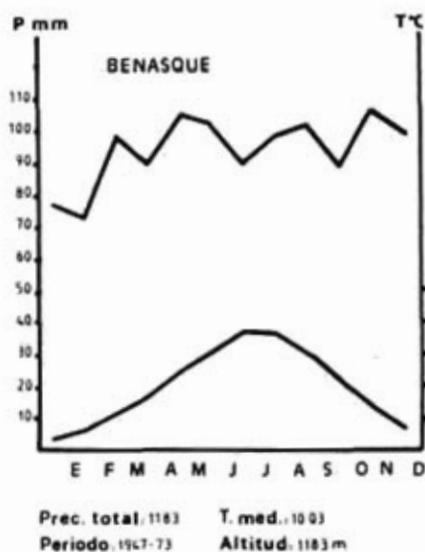
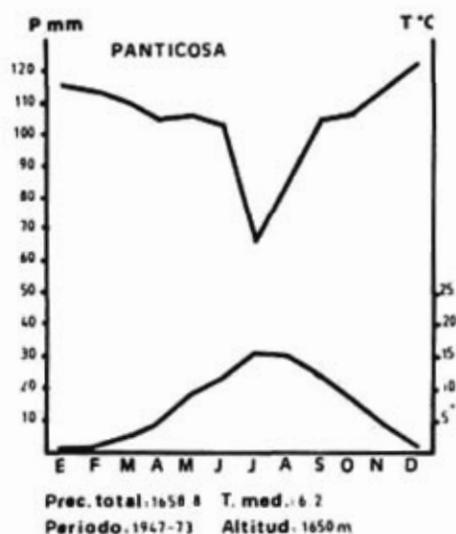
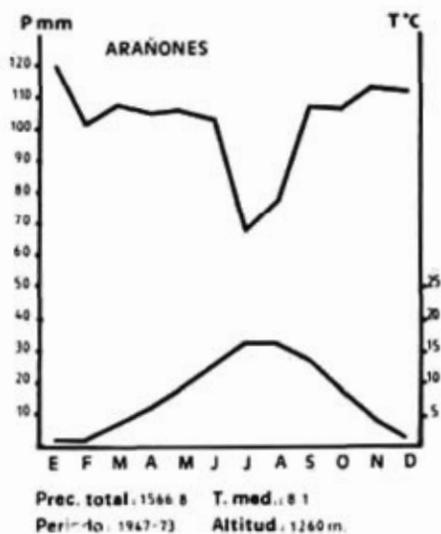
2.2. PRECIPITACIONES

Si la distribución espacial de la temperatura media es altamente significativa al señalar claras diferencias entre el llano y la montaña, tanto más ocurre con las precipitaciones, ya que la compartimentación del relieve y las diferentes exposiciones provocan una gran variabilidad espacial en los totales anuales. Junto a zonas elevadas y bien expuestas a los vientos húmedos que reciben más de 2.500 milímetros anuales, hay otras en plena cuenca del Ebro que sólo registran 347 mm. (Fraga).

Esta variación de las precipitaciones dista mucho de ser regular en todo el ámbito provincial. En algunas áreas se justifican por la altitud y en consecuencia obedecen a un gradiente de norte a sur; pero en otras (cuencas del Aragón y Gállego) interviene además el factor exposición a los vientos húmedos del Atlántico.

En la parte oriental de la provincia predominan las cuencas de dirección norte-sur, cuyos interfluvios actúan a modo de abrigos topográficos que

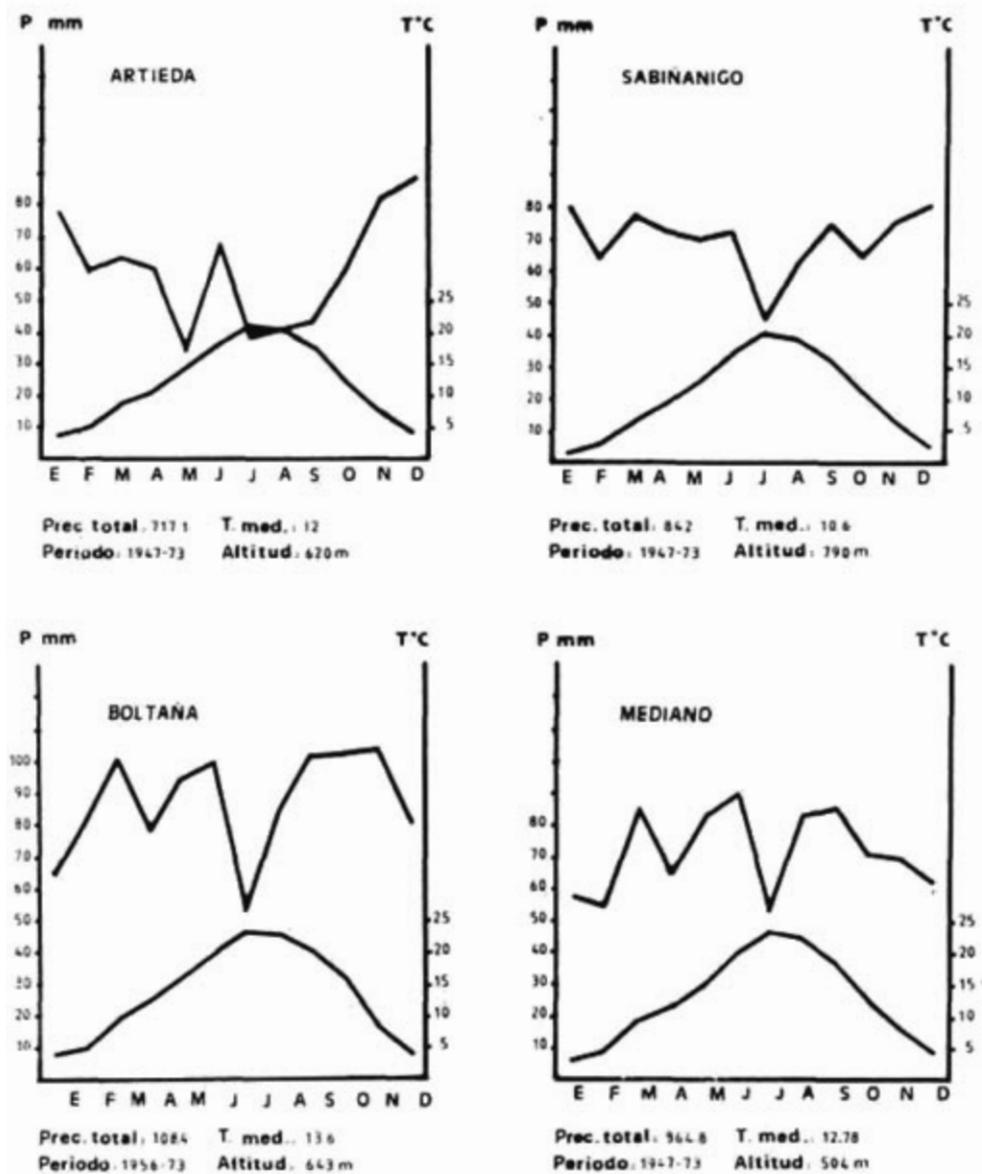
OMBROTERMOGRAMAS



Precipitación menor de 2T = aridez

Fig. n.º 2

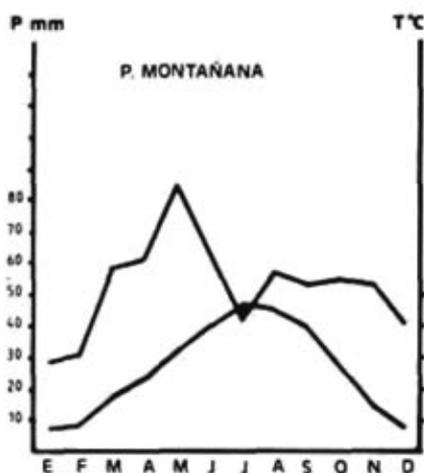
OMBROTERMOGRAMAS



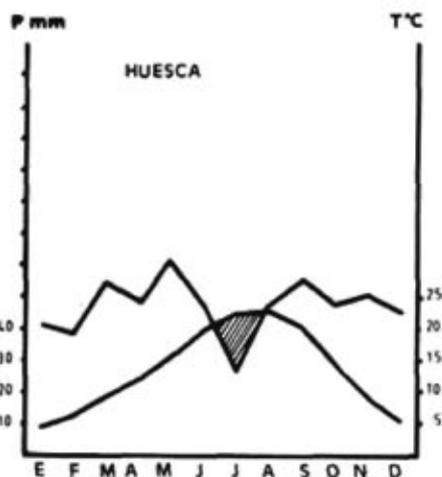
Precipitación menor a 2T = aridez

Fig. n.º 3

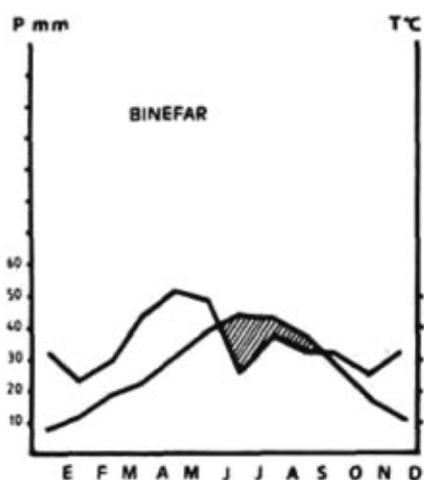
OMBROTÉRMOGRAMAS



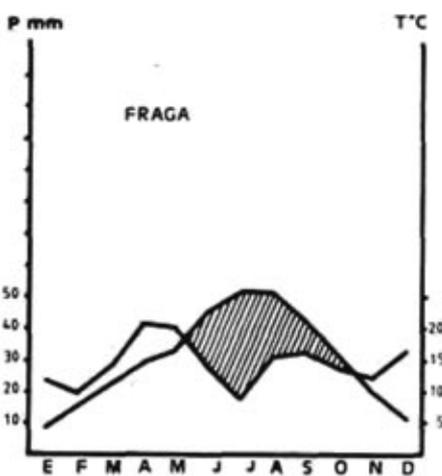
Prec. total. 631 T. med. 13.08
 Periodo. 1947-73 Altitud. 528 m.



Prec. total. 567 T. med. 13.43
 Periodo. 1947-73 Altitud. 436 m.



Prec. total. 413.4 T. med. 13.07
 Periodo. 1947-73 Altitud. 380 m.



Prec. total. 347.6 T. med. 15.13
 Periodo. 1947-70 Altitud. 160 m.

Precipitación menor a 2T = aridez

Fig. n.º 4

van creando sucesivas sombras de lluvias. En este sentido el interfluvio Gállego-Ara constituye una importante barrera pluviométrica. Esta especial disposición del relieve permite diferenciar dos grandes unidades en la mitad septentrional de la provincia de Huesca: la occidental, caracterizada por un claro dominio de las lluvias oceánicas invernales, y la oriental, con acusados matices mediterráneos y precipitaciones de tipo equinoccial cada vez más importantes.

En todo el sector pirenaico, a pesar de que las masas de aire llegan parcialmente disminuidas de humedad, los importantes relieves acentúan el efecto orográfico de forma que se alcanzan con cierta facilidad el grado de saturación. Incluso en el sector oriental, donde el volumen de precipitación anual es menor, se registran totales anuales superiores a los 2.200 mm., siempre que se alcancen los 2.300-2.400 m. de altitud.

En el fondo de los valles, y en consecuencia a altitudes inferiores, tenemos los siguientes ejemplos:

	<u>Altitud</u>	<u>Precipitación</u>
Canfranc	1.260 m.	1.566 mm.
Panticosa	1.650 m.	1.658 mm.
Benasque	1.138 m.	1.182 mm.
Bono	1.063 m.	1.079 mm.

Esta distribución de precipitaciones en la zona pirenaica pone de manifiesto la superioridad de la parte occidental respecto a la oriental, pues Canfranc a menor altitud que Panticosa, casi iguala su total pluviométrico anual. A estas variaciones generales hay que añadir otras más concretas y localizadas que obedecen a factores topográficos locales que hacen que la distribución espacial de las precipitaciones sea todavía menos uniforme. Son las sombras de lluvia debidas a la presencia de algún importante relieve que se opone a la penetración de las precipitaciones (caso del valle medio-inferior del río Cinqueta), a importantes macizos que rodean y aíslan el curso superior de algunos valles (caso del Esera), a amplias depresiones donde los vientos húmedos no encuentran obstáculos topográficos que no sea su periferia para provocar la condensación (caso de la Depresión Media en Berdún), etc.

Globalmente las precipitaciones van disminuyendo conforme lo hace la altitud, de manera que al Sur de los altos relieves pirenaicos nos encontramos ya con la citada depresión que recorre la provincia de Oeste a Este hasta la cuenca del río Esera y donde las precipitaciones rara vez alcanzan los 1.000 mm. anuales:

	<u>Altitud</u>	<u>Precipitación</u>
Artieda	620 m.	717 mm.
Sabiñánigo	790 m.	842 mm.
Boltaña	634 m.	1.084 mm.
Mediano	504 m.	864 mm.

Inmediatamente al Sur, las Sierras Exteriores vuelven a ser importantes núcleos de precipitación con valores cercanos a los 1.200-1.300 mm. anuales en la línea de cumbres, llegando incluso a los 1.500 en la Sierra de Guara.

En su conjunto, todo el sector pirenaico —y en menor grado el prepirenaico— constituye la principal zona de alimentación de los ríos, no sólo por el volumen de agua precipitada, sino también por su distribución a lo largo del año. Aún durante la época estival, en la cual descienden los caudales, las precipitaciones son lo suficientemente importantes como para alimentar la escorrentía fluvial.

Al Sur de todo el sistema prepirenaico y entrando en los somontanos, las precipitaciones siguen disminuyendo de forma muy acusada. En un recorrido de unos 20 Km. en línea recta se pasa de los 800-900 mm. de la depresión media a los 400-500 mm. de la Hoya de Huesca. Disminución que se mantiene de manera menos ostensible hasta el extremo meridional de la provincia (347 mm. en Fraga). Dentro de la gradual disminución, la distribución pluviométrica en la mitad Sur de la provincia es bastante regular debido a la uniformidad del relieve. Las mínimas variaciones son debidas a posiciones más orientales o hacia el centro de la Depresión del Ebro, donde predominan las condiciones semiáridas. Esta escasez de precipitaciones crea una pesada carga sobre la alimentación de los ríos, máxime si tenemos en cuenta que en la mitad meridional de la provincia las lluvias no compensan las exigencias de la evapotranspiración potencial, que alcanza valores de 740 mm. en Huesca, 730 mm. en Binéfar, 815 en Fraga, etc. En consecuencia, las débiles aportaciones de la precipitación se pierden casi en su totalidad por evapotranspiración.

2.2.1. Distribución estacional de las precipitaciones. Regímenes de lluvia

La distribución estacional de las precipitaciones en la provincia de Huesca refleja tres regímenes pluviométricos bien diferenciados.

a) Cuenca del Gállego, Aragón y valles drenados por este último. Presentan un régimen de gran influencia oceánica, caracterizado por un máximo de precipitación en la estación fría y un mínimo durante el verano, pero sin que la disminución estival suponga la aparición de aridez, salvo por debajo de los 650 m. de altitud. Al máximo pluviométrico invernal sucede el otoño como máximo secundario, a excepción del tramo prepirenaico del río Gállego, donde la primavera ocupa el segundo lugar en cuanto a época más lluviosa.

b) Al Este del valle del Gállego disminuye la influencia oceánica-invernal, a la vez que se hacen más patentes las características mediterráneas de tipo equinoccial. Al máximo primario de otoño y máximo secundario de primavera hay que añadir los acusados matices continentales que se traducen en un incremento considerable de las precipitaciones estivales, generalmente de carácter tormentoso. Tal circunstancia hace que el verano ostente el mínimo secundario, con precipitación superior a la invernal. El máximo pluviométrico otoñal, seguido del primaveral, divide al año en dos épocas

DISTRIBUCION DE LAS PRECIPITACIONES

	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
CANFRANC "ARAÑONES"	437.1	474.8	398	256.9
PANTICOSA (B)	433	554	403.1	268.7
BENASQUE	326.5	248.5	309.4	298.6
BONO	347	208.7	290.2	233.6
ARTIEDA	186.3	225.8	158.2	146.8
SABIÑANIGO	217.3	224.8	219.9	180
BOLTAÑA	341.7	227.3	277.2	237.8
P. MEDIANO	227.8	176.1	234.7	226.2
P. MONTAÑA	161.5	100.4	205.9	163.2
HUESCA	155.1	125.3	163.8	122.8
BINEFAR	89.4	87.7	124.6	111.7
FRAGA	85.2	75.9	109.8	76.7

	Máximo primario
	Máximo secundario
	Mínimo primario
	Mínimo secundario

Fig. n.º 5

húmedas y dos secas, si bien los términos de sequía invernal y estival son muy relativos; mientras la primera coincide con la época fría y además disfruta de un mayor número de días de precipitación, la estival es mucho más acusada por coincidir con la época de máxima evaporación y con un menor número de días de lluvia a pesar de que el volumen de la misma es superior al invernal. Este régimen equinoccial también predomina en el Ribagorza, si bien está menos continentalizado que en el Sobrarbe, a la vez que el máximo primario tiende a cambiar del otoño a la primavera su mitad Sur.

c) Un tercer régimen, aunque con diferentes matices, domina en la mitad meridional de la provincia, al Sur de las Sierras Exteriores. Su característica principal es la de un máximo de precipitaciones en primavera tardía, generalmente en mayo, al que sucede un máximo otoñal secundario. Las invernales ocupan el último lugar, a excepción de la zona noroccidental del Somontano (Huesca), donde una débil influencia atlántica genera, en esta época, lluvias superiores a las estivales. En el resto de la mitad Sur de la provincia los matices continentales hacen que el verano supere al invierno en cuanto a precipitaciones, y al igual que en el Sobrarbe los fenómenos convectivos estivales son los responsables de esta superioridad estival respecto a la época fría.

Por todo esto, la mitad Sur de la provincia viene definida por un régimen mediterráneo (máximos equinociales) de matiz continental (importancia relativa de las precipitaciones estivales), cuyas diferencias respecto al Sobrarbe y Ribagorza derivan de la mayor incidencia de las precipitaciones primaverales, frente a las otoñales de aquellas comarcas. En toda la mitad meridional las puntas de sequía son muy profundas por debajo de los 650 m. de altitud.

2.2.2. Duración y frecuencia de los períodos secos y húmedos. Probabilidades de lluvias máximas

El estudio de las precipitaciones se completa con un análisis sobre la duración y frecuencia tanto de los períodos secos como lluviosos, además de las probabilidades de que se repitan los primeros y que en distintos períodos se igualen o superen determinados volúmenes de precipitación.

Para tal fin se han recogido los datos diarios de diez estaciones pluviométricas estratégicamente distribuidas dentro del marco provincial:

— Candanchú, Barrosa y Benasque nos permitirán abordar estos aspectos en la parte occidental, central y oriental del Pirineo oscense.

— Artieda, Biescas y Boltaña representarán la zona situada inmediatamente al Sur del eje central pirenaico, donde la menor altitud del relieve da lugar a condiciones climáticas muy diferenciadas.

— Ordaniso y Graus como representativas del Prepireneo occidental (más septentrional) y del oriental (más meridional).

— Huesca y Sariñena permitirán conocer dichos aspectos en los somontanos y zona Sur de la provincia.

Esta distribución, según los aspectos orográficos más representativos, puede ser sustituida por otra más ajustada a las unidades hidrológicas consideradas:

- Candanchú y Artieda representarían al río Aragón.
- Biescas y Ordaniso al río Gállego.
- Barrosa y Boltaña al río Cinca.
- Benasque y Graus al río Esera y por extensión al Isábena.
- Huesca y Sariñena al río Alcanadre y afluentes, además del curso inferior del Cinca.

Para cumplir los objetivos anteriormente propuestos había que considerar la presencia (y cantidad) o ausencia de precipitación diaria. Por ello tuvimos que eliminar todos aquellos años que tenían alguna laguna en el dato diario y que podrían alargar de forma irregular la duración del período seco.

<i>Estaciones</i>	<i>Período estudiado</i>	<i>Años eliminados</i>
Artieda	1947-1973	1964, 1965, 1966
Candanchú	1951-1973	1956, 1957, 1958 1960, 1961, 1970 1973
Biescas	1947-1963	
Ordaniso	1947-1975	
Barrosa	1947-1973	
Boltaña	1950-1972	1969,
Benasque	1947-1973	1967, 1971,
Huesca (M)	1947-1964	
Sariñena	1947-1972	1950, 1964, 1965

Los años analizados corresponden, en la medida de lo posible, al escogido para los aforos (1947-1973) con el fin de que los resultados fueran lo más coincidentes posibles en el tiempo.

2.2.2.1. Duración del período seco

En el conjunto de estaciones pluviométricas estudiadas se ha considerado conveniente dividir el año en dos partes con el fin de poder diferenciar los períodos secos de la época fría (1 de diciembre al 30 de abril) de los que se producen durante la época cálida (1 de mayo al 30 de noviembre).

Se trata de conocer, para cada una de las épocas, cuál es la probabilidad (niveles de 1,2, 5, 10 y 20 %) de que a un día sin precipitación le sucedan uno o varios días de las mismas características. Su frecuencia y duración permitirán comprender mejor la profundidad y duración de los estiajes.

Tabla n.º 3
DURACION DEL PERIODO SECO (EN DICAS) PARA VARIOS NIVELES DE PROBABILIDAD. EPOCA FRIA (1 DICIEMBRE-30 ABRIL)

	$/1-F(t)/$	1%	2%	5%	10%	20%
CANDANCHU		16	14	10	8	6
ARTIEDA		28	24	18	14	10
BIESCAS		22	19	14	11	8
ORDANISO		27	23	18	14	10
BARROSA		22	19	14	11	8
BOLTAÑA		27	23	18	13	9
BENASQUE		24	20	16	12	8
GRAUS		29	24	19	14	10
HUESCA		26	22	17	13	9
SARIÑENA		38	32	25	19	13

DURACION DEL PERIODO SECO (EN DIAS) PARA VARIOS NIVELES DE PROBABILIDAD. EPOCA CALIDA (1 MAYO-30 NOVIEMBRE)

	$/1-F(t)/$	1%	2%	5%	10%	20%
CANDANCHU		20	17	13	10	7
ARTIEDA		33	28	21	16	11
BIESCAS		23	20	15	12	8
ORDANISO		31	26	20	15	11
BARROSA		19	16	13	10	7
BOLTAÑA		24	21	16	12	8
BENASQUE		22	19	14	11	8
GRAUS		26	22	17	13	9
HUESCA		28	24	18	14	10
SARIÑENA		41	35	27	21	14

Con este fin, para cada estación pluviométrica y durante la época cálida o fría, hemos contabilizado el número de períodos sin precipitación de 1, 2...n días de duración. A partir de aquí confeccionamos una serie cuyos elementos indican el número de períodos secos de duración igual o superior a 1, 2...n días consecutivos.

A esta serie hemos ajustado una ley exponencial de la forma $F(t) = 100 \cdot e^{-t/T}$, donde T es la duración mínima del período seco y t es su correspondiente probabilidad de ocurrencia. Durante la época fría pueden distinguirse los siguientes sectores:

A) Pirineo occidental oscense al Oeste de Panticosa. Viene caracterizado por períodos secos de corta duración, pues exista una probabilidad del 20 % de que a un día sin precipitación le sucedan otros cinco. Lógicamente, si disminuimos el nivel de probabilidad, aumenta la duración del período seco. Así pues, la probabilidad de que vaya a durar diez días es del 5 % y tan sólo del 1 % de que una vez iniciado persista durante 16 días. Es el área de más clara influencia oceánica, caracterizada por precipitaciones muy frecuentes durante la época fría, de manera que son pocos los días consecutivos sin llover para un nivel de probabilidad significativo.

B) En el extremo opuesto al sector pirenaico occidental se halla el sector meridional de la provincia (Sariñena), donde los períodos sin precipitación son de doble duración para los mismos niveles de probabilidad que en la zona anterior.

Existe la probabilidad del 20 % de que a un día sin llover le sucedan otros 12; del 5 % de que el período sin llover dure 25 días, y del 1 % de que alcance 38 días. Es la zona de lluvias más esporádicas y de menor precipitación de la provincia. Aún durante la época fría presenta una gran irregularidad debido a que las lluvias son de tipo equinoccial, como consecuencia de la influencia submediterránea de matiz continental que en ella predomina.

C) Entre estos dos extremos se encuentra el resto de la provincia, independientemente de que algunas zonas tiendan a períodos cortos y otras a largos, pero nunca tan cortos ni tan largos como los del sector pirenaico occidental y extremo Sur de la provincia, respectivamente. Dentro de este conjunto incluimos al sector pirenaico centro oriental, curso medio del Gállego, del Cinca-Ara, y Prepireneo del Gállego y Esera.

Durante la época cálida el conjunto provincial se comporta más regular y homogéneo, de manera que las diferencias entre unos puntos y otros son más graduales. Aquellas zonas cuyos períodos tienen una duración media no están tan distantes (en días) de los caracterizados por períodos cortos o largos.

Pero no todas las áreas estudiadas tienen un período seco más largo durante la época cálida, pues para un mismo nivel de probabilidad algunas tienen un período más corto en verano que en invierno. Corresponde a todo el Sobrarbe, al Norte del Prepireneo de Graus, donde el efecto de la continentalidad se traduce en un incremento de las precipitaciones estivales. Para una probabilidad del 10 %, el período seco esperado en Barrosa es de 10 días frente a los 11 de la época fría, 12 frente a 13 en Boltaña, 11 frente a

12 en Benasque, y 13 frente a 14 en Graus. Esta reducción del período seco estival en un día pasa a 3 si descendemos a una probabilidad del 1 %.

En el resto de la provincia las rectas representadas muestran mayores duraciones, de manera que para unos niveles de probabilidad del 20 y 1 % Candanchú amplía su período seco en 1 y 4 días respectivamente, Artieda en 1 y 5, Ordaniso en 1 y 4, Huesca en 1 y 2 y Sariñena en 1 y 3. Hay que destacar la igualdad entre verano e invierno en Biescas, pues se equiparan las duraciones para la probabilidad del 20 % y tan sólo se amplía en 1 día en favor de la época cálida para la probabilidad del 1 %.

Esta general ampliación del período seco durante la época cálida (a excepción del Sobrarbe) no mantiene la misma proporcionalidad. Mientras que en los valles del Aragón y Gállego lo hacen en 4 y 5 días más (probabilidad del 1 %), en la mitad Sur sólo se incrementan en 2 ó 3 días. Ello permite afirmar que en esta última zona el período seco es casi tan importante en invierno como en verano.

2.2.2.2. *Frecuencia de precipitación diaria*

En el presente epígrafe se estudian las intensidades diarias de las precipitaciones y su frecuencia a lo largo del año. En los siguientes se analizarán las intensidades referidas a varios días consecutivos (que a la vez nos darán una idea de su persistencia), además de la probabilidad de que se alcancen ciertos valores en determinados años. Unos y otros aspectos ayudarán a comprender las probabilidades de crecidas además de su previsión futura.

Las precipitaciones diarias de cada una de las estaciones se han agrupado en intervalos de 5 mm. Dado que el interés se centra fundamentalmente en las lluvias copiosas con capacidad para modificar el régimen normal de los ríos durante uno o varios días e incluso provocar crecidas, sólo se han representado aquellas precipitaciones superiores a 10 mm./día.

En la cuenca del río Aragón, y más concretamente en su cabecera, se registra la máxima frecuencia de días de precipitación (llueve el 41,5 % de los días del año). La influencia oceánica es patente y tanto más hacia el Oeste, de manera que podemos deducir que en las cabeceras de sus afluentes occidentales la frecuencia todavía sea mayor. El número de días con precipitación superior a 10 mm. supone el 16,6 % anual. Lógicamente, a medida que aumenta la intensidad disminuye su frecuencia: 8,4 % para precipitaciones superiores a 20 mm., 2,6 para las que superan los 40, y tan sólo un 0,1 % las que superan los 100 mm. en 24 horas. El máximo registrado corresponde al intervalo 140-145 mm., pero con sólo una frecuencia del 0,03 %.

En la cuenca media del Aragón (Artieda) las precipitaciones son menos intensas y menos frecuentes debido a la menor altitud del relieve. La frecuencia anual de días de precipitación ya sólo es del 21,1 %. De este porcentaje, el 7,6 % corresponde a lluvias iguales o superiores a 10 mm. Comparando con la cabecera de la cuenca, la frecuencia de este tipo de intensi-

PRECIPITACIONES DIARIAS (FRECUENCIAS ACUMULADAS EN %) SUPERIORES A 10 MM.

FRECUENCIAS DIARIAS %

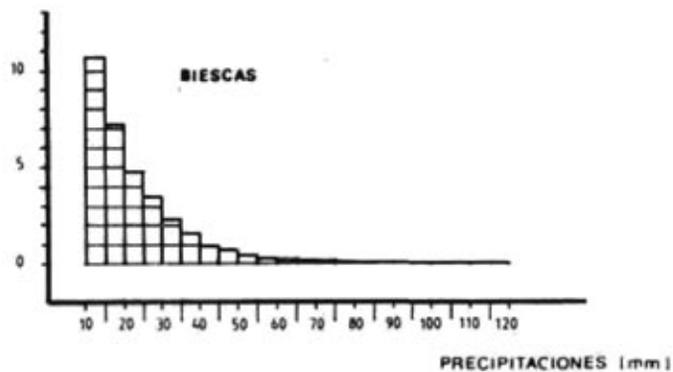
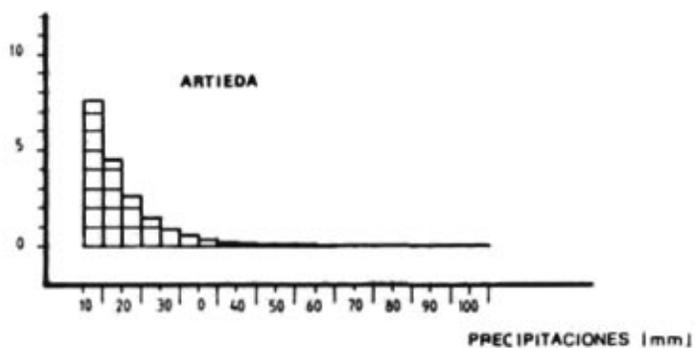
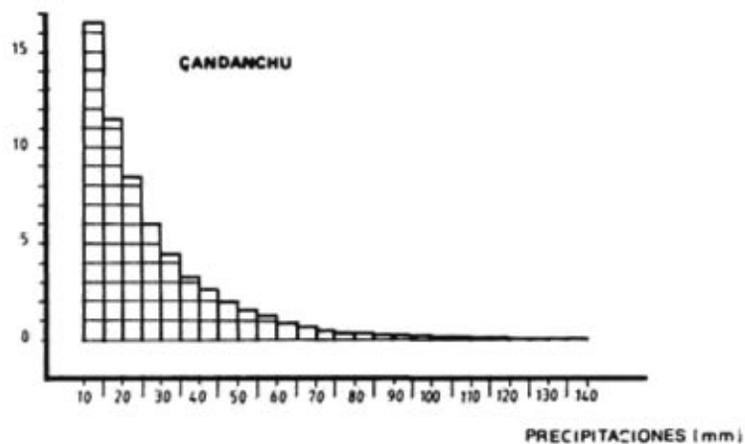


Fig. n.º 6

PRECIPITACIONES DIARIAS (FRECUENCIAS ACUMULADAS EN %) SUPERIORES A 10 MM.

FRECUENCIAS (DIAS)

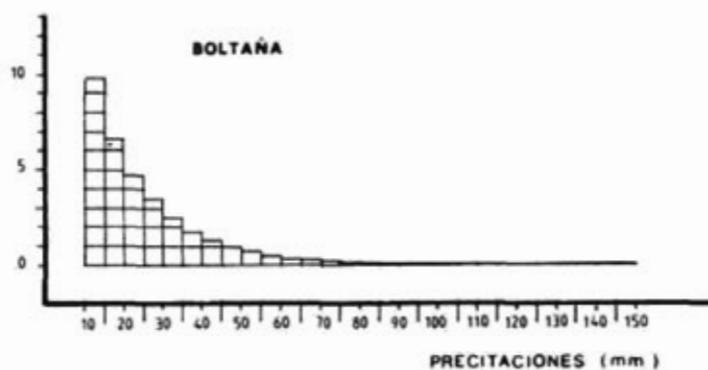
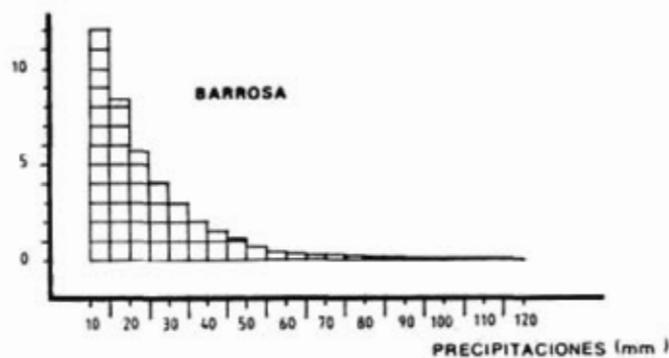
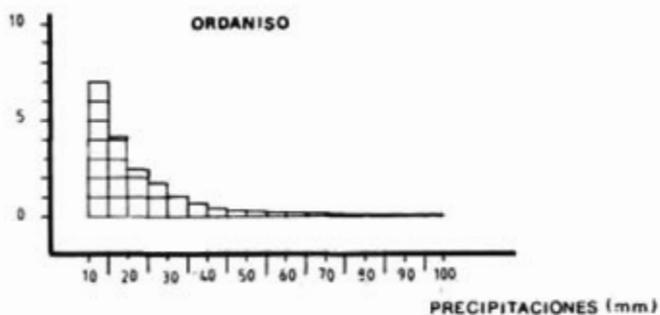


Fig. n.º 7

PRECIPITACIONES DIARIAS (FRECUENCIAS ACUMULADAS EN %) SUPERIORES A 10 MM.

FRECUENCIAS (DIAS) | %

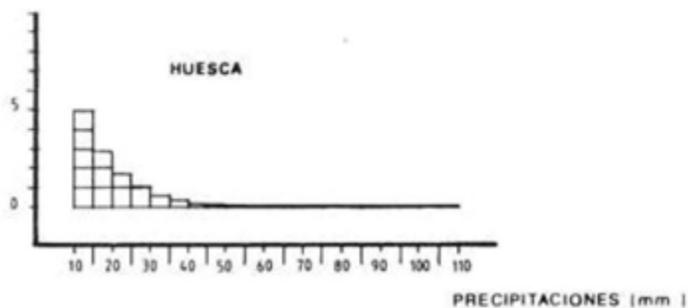
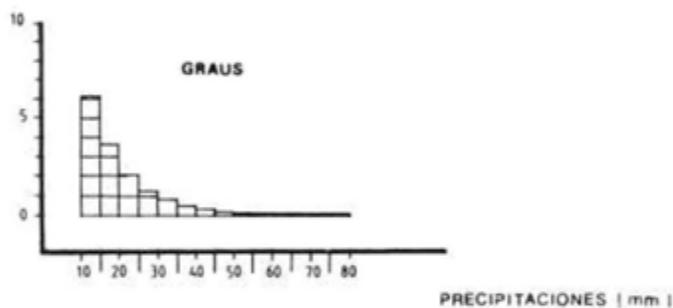
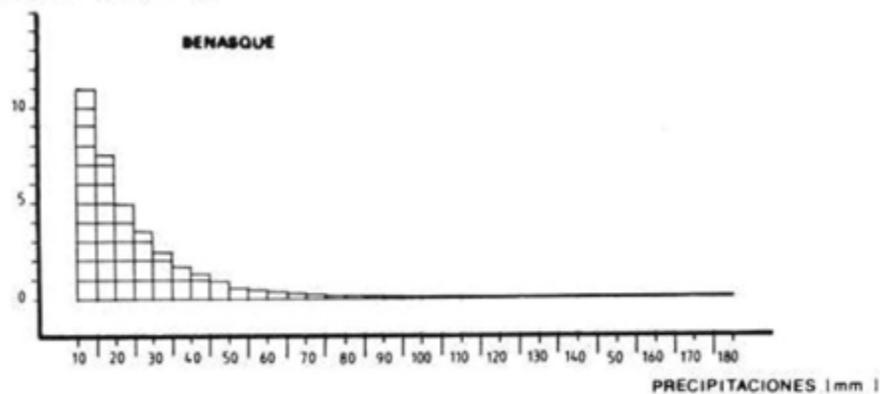


Fig. n.º 8

dad se ha reducido a menos de la mitad, a 1/5 las de intensidad igual o superior a 30 mm. y hasta 1/10 las de 80 y 100 mm./día. La máxima intensidad ha sido de 115 mm. con una frecuencia (0,01 %) diez veces menor que la que registra esta misma intensidad en Candanchú (0,1 %).

En la cabecera del río Gállego la frecuencia e intensidad son parecidas a las del Aragón, pero las condiciones varían sensiblemente entre su cuenca media-alta (Biescas) y la prepirenaica (Ordaniso). La frecuencia anual de precipitación en Biescas es del 32,6 %. Sus intensidades máximas son prácticamente iguales a las de la cuenca media del Aragón, aunque su frecuencia es ligeramente mayor. En su tramo prepirenaico se reducen las intensidades y frecuencias de días de precipitación, por lo que presenta características muy similares a las de la cuenca media del río Aragón.

Al igual que el total de precipitación, las frecuencias también disminuyen hacia el Este. De un 41,5 % que se registra en Candanchú se pasa a un 35,1 % en Barrosa (cabecera del río Cinca). Pero ese descenso del número de días de precipitación no implica una pérdida de intensidad, pues en la mayor parte del Sobrarbe se registran precipitaciones superiores a las de las cabeceras del Aragón y Gállego (145 mm. en Boltaña y hasta 180 en Benasque).

Barrosa registra intensidades ligeramente inferiores a Boltaña y Benasque, pero tiene mayor frecuencia (el 12 % de los días del año registran precipitaciones superiores a 10 mm. frente a un 9,8 % en Boltaña). Esta superioridad de Barrosa se mantiene hasta precipitaciones de 50 mm. Cuando las intensidades oscilan entre 60 y 90 mm. las frecuencias se igualan. A partir de 100 mm. es cuando las frecuencias de precipitaciones intensas se invierten en favor de Boltaña.

En el somontano de Huesca la frecuencia de lluvias representa el 22 % de los días del año, frente al 15,3 % en Sariñena. Las intensidades máximas apenas difieren entre ambas localidades (110 mm./día en Huesca y 100 en Sariñena).

2.2.2.3. *Probabilidad mensual de lluvias máximas en varios días consecutivos*

Definimos aquí como precipitaciones máximas al valor más elevado registrado en 1 año durante uno o varios días consecutivos. Para cada estación pluviométrica se confeccionó una serie con los máximos ocurridos en 24 horas en cada uno de los años. Lo mismo se realizó con la precipitación máxima anual registrada durante 2, 3, 4..., hasta 8 días consecutivos. A cada máximo detectado se le asoció el mes de ocurrencia. Las tablas así obtenidas permiten extraer esquemáticamente las siguientes conclusiones:

— En el alto Pirineo occidental son los meses de octubre, noviembre y diciembre los que poseen mayores posibilidades de registrar la máxima precipitación en uno o varios días consecutivos. Concretamente, noviembre agrupa a más del 30 % de los casos de lluvia máxima en 24 horas. Para 2, 3 y 4 días consecutivos las frecuencias se reparten por igual entre octubre y

Tabla n.º 4
PROBABILIDADES MENSUALES (EN %) DE LLUVIAS MAXIMAS
EN 1, 2, 3..., 8 DIAS CONSECUTIVOS

CANDANCHU	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septm.	Octub.	Noviem	Diciem.
1		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	12,5	12,5	6,2	6,2	31,2	12,5
2	12,5	6,2	6,2	6,2	12,5		12,5	12,5	18,7	18,7	18,7	6,2
3	6,2	6,2	12,5					12,5	6,2	18,7	18,7	12,5
4	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	12,5	6,2	6,2	18,7	18,7	6,2
5	6,2	6,2	6,2	6,2	12,5	6,2	12,5	6,2	12,5	12,5	18,7	6,2
6	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	12,5	6,2	6,2	12,5	12,5	18,7	12,5
7	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	12,5	6,2	6,2	12,5	12,5	18,7	18,7
8	6,2	6,2	6,2	6,2	12,5	6,2	6,2	6,2	6,2	18,7	12,5	18,7
ARTIEDA												
1	12,5	4,2	8,3		8,3	4,2	8,3	8,3	20,8	4,2	12,5	8,3
2	12,5	4,2	4,2		8,3	8,3	4,2	8,3	16,6	8,3	8,3	16,6
3	12,5	4,2	4,2	4,2	8,3	4,2	4,2	4,2	16,6	8,3	12,5	16,6
4	12,5			4,2	8,3	12,5	8,3	4,2	16,6	4,2	16,6	12,5
5	16,6	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	20,8	4,2	16,6	16,6
6	16,6	4,2	4,2	4,2	12,5	4,2	4,2	4,2	16,6	4,2	16,6	16,6
7	16,6	4,2	4,2	4,2	16,6	4,2		4,2	12,5	4,2	16,6	16,6
8	16,6	4,2	8,3	8,3	16,6	4,2	8,3	4,2	8,3	4,2	16,6	16,6
BIESCAS												
1	9,0	4,5	9,0	9,0	4,5	9,0			27,3	9,0	18,2	
2	13,6	4,5	9,0	4,5	4,5	9,0		4,5	9,0	4,5	27,3	9,0
3	13,6	13,6	9,0	4,5	4,5	9,0		4,5	9,0	4,5	22,7	4,5
4	18,2	13,6	9,0			9,0			9,0	13,6	13,6	13,6
5	13,6	18,2	9,0		4,5	9,0		4,5	4,5	13,6	18,2	9,0
6	18,2	13,6	9,0		4,5	9,0		4,5	4,5	13,6	18,2	9,0
7	13,6	13,6	9,0		4,5	9,0		9,0	9,0	13,6	22,7	9,0
8	18,2	9,0	9,0		4,5	9,0		9,0	9,0	13,6	18,2	9,0

Tabla n.º 5
**PROBABILIDADES MENSUALES (EN %) DE LLUVIAS EN 1, 2,
 3..., 8 DIAS CONSECUTIVOS**

<u>ORDANISO</u>	<u>Enero</u>	<u>Febrer</u>	<u>Marzo</u>	<u>Abril</u>	<u>Mayo</u>	<u>Junio</u>	<u>Julio</u>	<u>Agosto</u>	<u>Septm.</u>	<u>Octub.</u>	<u>Noviem.</u>	<u>Diciem.</u>
1			5,0		20,0	20,0	5,0	5,0	15,0	5,0	20,0	5,0
2	5,0		20,0		20,0	15,0	5,0	20,0	20,0	10,0	15,0	10,0
3	10,0		20,0	10,0	20,0	15,0	5,0	20,0	20,0	15,0	5,0	
4	10,0		5,0	5,0	10,0	20,0	5,0	20,0	20,0	10,0	10,0	5,0
5	10,0				15,0	20,0	5,0	20,0	20,0	10,0	15,0	5,0
6	10,0				20,0	20,0	5,0	15,0	15,0	10,0	15,0	5,0
7	5,0				25,0	20,0	5,0	15,0	15,0	10,0	20,0	
8	10,0				25,0	25,0	5,0	15,0	15,0	10,0	10,0	
<u>BARROSA</u>												
1	3,7		3,7	3,7	11,1	14,8		11,1	18,2	3,7	18,2	11,1
2	3,7	3,7	3,7	3,7	7,4			7,4	33,3	11,1	14,8	11,1
3	3,7		3,7	7,4	7,4	3,7		14,8	18,2	11,1	18,2	11,1
4	14,8		3,7		3,7	3,7		14,8	18,2	14,8	18,2	7,4
5	11,1		3,7		7,4	7,4		11,1	18,2	7,4	22,2	7,4
6	7,4		3,7	3,7	7,4	3,7		7,4	18,2	11,1	22,2	14,8
7	7,4		3,7		7,4	14,8	3,7	7,4	14,8	7,4	22,2	11,1
8	11,1		3,7		7,4	14,8		7,4	14,8	7,4	25,9	7,4
<u>BOLTANA</u>												
1		4,5	13,6	4,5	9,0		4,5	13,6	18,2	13,6	9,0	9,0
2		4,5	4,5	4,5	13,6		9,0	4,5	18,2	18,2	9,0	13,6
3	4,5		18,2		9,0	4,5		4,5	18,2	13,6	13,6	4,5
4	4,5	4,5	9,0		9,0		9,0		18,2	22,7	18,2	4,5
5	4,5		9,0		4,5	13,6	9,0		13,6	18,2	13,6	13,6
6	4,5		13,6	4,5	4,5	13,6	4,5	4,5	13,6	9,0	13,6	13,6
7		4,5	22,7	4,5	9,0	4,5	9,0		9,0	9,0	13,6	13,6
8		9,0	9,0	4,5		9,0	4,5	4,5	13,6	9,0	22,7	13,6

Tabla n.º 6
PROBABILIDADES MENSUALES (EN %) DE LLUVIAS MAXIMAS
EN 1, 2, 3, ..., 8 DIAS CONSECUTIVOS

	Enero	Febrer	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septm.	Octub.	Noviem.	Diciem.
BENASQUE												
1	8,0	4,0	16,0	12,0	12,0	4,0	4,0	4,0	16,0	4,0	12,0	4,0
2	4,0		12,0	12,0	12,0		4,0	8,0	12,0	12,0	16,0	8,0
3	4,0	8,0	12,0	8,0	8,0	8,0	4,0	8,0	8,0	12,0	12,0	16,0
4	4,0	4,0	16,0	12,0	12,0	8,0			8,0	16,0	16,0	20,0
5	4,0		8,0	12,0	20,0	8,0			8,0	12,0	12,0	16,0
6	4,0	4,0	8,0	12,0	20,0	4,0			8,0	12,0	12,0	16,0
7		8,0	12,0	8,0	20,0	8,0		4,0	4,0	12,0	12,0	12,0
8		8,0	16,0	8,0	16,0	8,0		4,0	4,0	8,0	16,0	12,0
GRAUS												
1			11,1	3,7	7,4	11,1	3,7	18,2	18,2	11,1	11,1	3,7
2		3,7	3,7	7,4	18,2	11,1	3,7	14,8	11,1	14,8	11,1	
3		3,7	7,4	7,4	18,2	7,4	3,7	7,4	18,2	14,8	11,1	
4	3,7	3,7	11,1	14,8	14,8	11,1		7,4	14,8	7,4	14,8	7,4
5	7,4	3,7	3,7	14,8	14,8	14,8		7,4	14,8	7,4	14,8	11,1
6	7,4	3,7	11,1	14,8	14,8	14,8		7,4	18,2	7,4	14,8	3,7
7	3,7	3,7	3,7	3,7	22,2	11,1	3,7	3,7	14,8	7,4	14,8	7,4
8	3,7	3,7	3,7	3,7	22,2	14,3	3,7	3,7	11,1	7,4	14,8	7,4
HUESCA												
1			5,5	5,5	11,1	33,3	5,5	5,5	16,6	5,5	11,1	11,1
2			5,5	5,5	11,1	22,2	11,1	5,5	16,6	5,5	16,6	5,5
3	5,5		5,5	5,5	16,6	16,6	11,1	11,1	16,6	11,1	16,6	11,1
4	11,1				11,1	11,1	5,5	5,5	16,6	5,5	16,6	11,1
5	5,5		5,5	5,5	11,1	5,5	5,5	11,1	16,6	5,5	22,2	11,1
6	5,5		5,5	11,1	11,1	5,5	11,1	5,5	22,2	5,5	16,6	5,5
7	5,5		11,1	11,1	11,1	11,1	11,1		22,2	5,5	16,6	5,5
8	5,5	5,5		11,1	11,1	11,1	11,1		22,2	5,5	11,1	5,5
SARIRENA												
1	4,3	8,7	8,7		8,7	21,7	8,7	8,7	8,7	13,0	4,3	4,3
2		13,0		4,3	13,0	21,7	4,3	4,3	8,7	21,7	4,3	4,3
3	4,3	13,0		8,7	17,4	13,0		4,3	13,0	17,4	4,3	4,3
4	4,3	13,0		8,7	13,0	17,4		4,3	13,0	17,4	4,3	4,3
5	4,3	13,0	4,3	4,3	13,0	17,4		4,3	13,0	17,4	4,3	4,3
6	8,7	8,7	4,3	4,3	13,0	13,0		4,3	13,0	17,4	8,7	4,3
7	4,3	13,0		8,7	17,4	8,7		4,3	13,0	17,4	8,7	4,3
8	8,7	4,3		13,0	17,4	13,0		4,3	13,0	17,4	8,7	4,3

noviembre. Este último mes destaca para lluvias máximas de 5 y 6 días de duración, y diciembre para las de 7 y 8 días. En la cuenca media del río Aragón se desplazan las tendencias hacia el otoño, siendo septiembre el mes de máxima frecuencia para precipitaciones en 5 días consecutivos; a partir de 5 días vuelve a ser invierno quien registra mayor porcentaje, sin duda porque la actividad frontal de esta época es más persistente:

— La cabecera del Gállego mantiene una distribución mensual muy parecida a la del Aragón, salvo el sector prepirenaico, donde las diferencias son mayores. En Ordaniso las máximas frecuencias aparecen en mayo-junio y en menor grado en septiembre, lo que demuestra una marcada influencia sumediterránea.

— En la cabecera del Cinca la máxima en 24 horas se reparte con igual posibilidad entre agosto y noviembre. Pero a medida que aumentamos el número de días consecutivos, las probabilidades se desplazan primero hacia septiembre y más tarde a noviembre. Es evidente que los meses de verano sólo adquieren importancia para máximos de 24 horas, debido a que las precipitaciones de esta época tienen un fuerte carácter tormentoso.

— En Boltaña, con su entrecruzamiento de influencias, las precipitaciones máximas se reparten casi por igual por todos los meses, con una tendencia a localizarse en marzo, junio, septiembre, noviembre y diciembre.

— En la cabecera del Esera las lluvias máximas tienen una ocurrencia marcadamente equinoccial, con especial incidencia en abril y septiembre (en 24 horas) o en mayo, noviembre y diciembre para más días consecutivos. Y lo mismo sucede, incluso de forma más marcada, en su cuenca media, donde mayo y septiembre concentran un elevado porcentaje de precipitaciones máximas.

2.3. EVALUACION DEL VOLUMEN DE AGUA CAIDA EN CADA UNA DE LAS CUENCAS

Para conocer la capacidad de escorrentía de cada cuenca (volumen de agua aforada) o indirectamente sus pérdidas por evapotranspiración, es preciso poner en relación el agua precipitada sobre la cuenca y la registrada por los aforos.

La capa media de agua caída sobre una cuenca es igual al producto de la precipitación en mm. por la superficie en m^2 . El segundo de los factores generalmente es conocido o fácilmente calculable, pero no ocurre lo mismo con la cantidad de agua caída en cada m^2 , debido a que es un elemento climático muy variable en el espacio. En consecuencia, su cálculo plantea importantes problemas. No ocurriría lo mismo si se dispusiera de una red de observatorios lo suficientemente densa y con un período de observación igual al período de los aforos.

Pero la realidad es muy distinta, ya que en la provincia de Huesca sólo 17 estaciones pluviométricas disponen de una serie equiparable, en el

tiempo, a la de aforos. Ello obliga a eliminar los métodos más comúnmente utilizados para el cálculo de la lámina de agua caída en una cuenca.

No cabía utilizar el llamado método de la media aritmética, consistente en calcular la media aritmética de la precipitación media de todos los observatorios y aplicar dicho valor al total de m^2 de la cuenca, porque presenta el inconveniente de que si no existe gran número de puntos de observación, como en este caso, se corre el riesgo de dar demasiada importancia a los valores extremos. Al disponer de pocos observatorios, la media aritmética puede verse influida por aquellas estaciones que tengan una precipitación muy elevada o muy pequeña. Además, la mayoría de ellas se sitúan en el fondo de los valles, con lo que se infravaloraría la precipitación caída en aquellas superficies situadas por encima del observatorio de mayor altitud.

El método de las curvas isoyetas es bastante más preciso, si bien al tener que interpolar líneas de igual precipitación (no olvidemos que sólo se dispone de 17 estaciones con una serie igual a la de aforos) se corre el riesgo de hacerlo de modo subjetivo a menos que se conozcan perfectamente, y se tengan en cuenta las características físicas y climáticas de la zona. Además, para interpolar isoyetas es necesario conocer las normas que rigen las variaciones de las precipitaciones en el espacio. Y que difícilmente se pueden deducir de sólo 17 estaciones.

Un tercer método, ampliamente utilizado, es el de los polígonos de Thiessen. Consiste en asignar como dominio de cada pluviómetro un polígono (y por tanto una superficie) convexo que le rodea y dibujado por las mediatrices de los segmentos que unen el punto de ubicación del pluviómetro considerado con los más próximos. Los resultados son buenos cuando el relieve es uniforme y se dispone de una red de estaciones con distribución relativamente homogénea. Cuando esta red es poco densa, a cada pluviómetro se le asigna un polígono demasiado amplio como para que la lluvia registrada en él sea representativa de toda la superficie del polígono y tanto menos cuanto más accidentada es la topografía. En la mitad septentrional de la provincia de Huesca de ningún modo una estación pluviométrica puede ser representativa de los 494 Km^2 que tendría cada polígono de promedio. A pesar de ser un método ampliamente utilizado y bastante adecuado para zonas llanas, introduce importantes errores en los resultados al no considerar la topografía ni la precipitación de aquellos sectores cuya altitud es superior a la de ubicación del pluviómetro.

Con el fin de evitar errores derivados de la aplicación de alguno de los citados métodos y teniendo en cuenta la peculiar topografía de la zona, la capa de agua promedio del período 1947-1973, o de cualquier subperíodo que se considere oportuno, se ha calculado como se explica a continuación.

2.3.1. Metodología y resultados

Como se acaba de decir, únicamente se dispone de 17 estaciones pluviométricas que coinciden en el tiempo con el período básico de las estacio-

SITUACION DE LAS ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE GRADIENTES EN CADA
UNA DE LAS CUENCAS

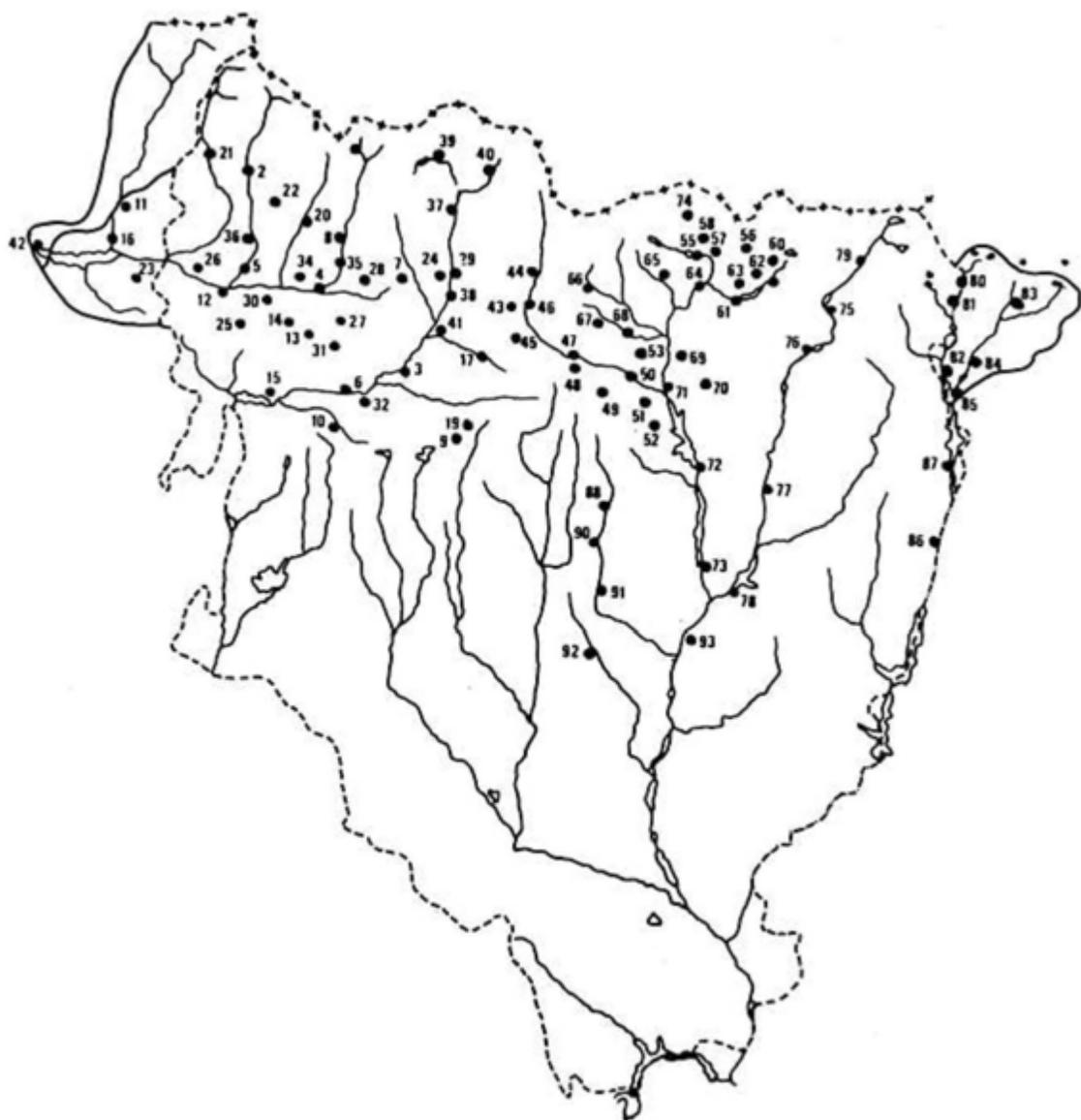


Fig. n.º 9

Tabla n.º 7
**LISTA DE REFERENCIA DE LAS ESTACIONES
 PLUVIOMETRICAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DEL
 GRADIENTE EN LAS CUENCAS DE LOS RIOS ARAGON Y
 GALLEGO**

<u>Número</u>	<u>Nombre</u>	<u>Altitud</u>	<u>Precipitación</u>
1	Sallent	1305	1217
2	Hecho	833	1102
3	Hostal de Ipies	715	723
4	Jaca	822	892
5	Javierregay	690	789
6	Javierrelatre	709	725
7	Larrés	912	701
8	Molino de Aratorés	920	1127
9	Nocito	931	879
10	Rasal	680	769
11	Salvatierra de E.	582	1012
12	Pardina Samitier	595	691
13	San Juan de la Peña	1222	914
14	S. Cruz de la Serós	788	698
15	Pantano de la Peña	565	705
16	Sigüés	521	772
17	Yebra de Basa	884	900
18	Yésero	1140	1318
19	Aineto	1000	898
20	Aisa	1043	954
21	Ansó	850	1191
22	Aragüés del Puerto	980	1167
23	Artieda	620	730
24	Aso de Sobremonte	1265	1104
25	Bailo	723	771
26	Berdún	688	691
27	Bernués	917	790
28	Bescós de la G.	932	1079
29	Biescas	880	1013
30	Binácula	762	632
31	Botaya	945	746
32	Caldearenas	630	687
33	Candanchú	1600	1826
34	Caniás	855	851
35	Castiello de Jaca	921	1018
36	Embún	739	883
37	Escarrilla	1200	1222
38	Escuer	800	893
39	Formigal	1550	1146
40	Panticosa	1650	1659
41	Sabiñánigo	790	799
42	Yesa	491	804

Altitud.- Referida en m s/M.

Precipitación.- Referida al periodo 1970-1973 y en mm/m²

Tabla n.º 8
**LISTA DE REFERENCIA DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
 UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE LOS GRADIENTES EN
 LAS CUENCAS DE LOS RIOS ARA, CINCA, ESERA, NOGUERA
 RIBAGORZANA Y VERO**

<u>Número</u>	<u>Nombre</u>	<u>Altitud</u>	<u>Precipitación</u>
<u>Cuenca del río Ara</u>			
43	Línas de Broto	1333	1635
44	Torla	1053	1424
45	Bergua	1033	1351
46	Broto	1005	1323
47	Javierre de Ara	738	1143
48	San Felices	812	1104
49	Campodarbe	1065	1281
50	Boltaña	634	980
51	Latorrecilla	686	1001
52	Santa María de Buil	860	1137
53	Yeba	1130	1364
<u>Cuenca del río Cinca</u>			
55	Presa del Cinca	1203	1431
56	Urdiceto	1700	1452
57	Prazán	1200	1585
58	Chisagüés	1380	1620
59	San Juan de Plan	1121	1304
60	Gistaín	1421	1616
61	Plandescún	1100	1413
62	Serveto	1306	1239
63	Sin	1218	1388
64	Salinas de Bielsa	760	1284
65	Tella	1341	1412
66	Fanlo del Valle	1320	1621
67	Ceresuela	1285	1400
68	Buerba	1143	1330
69	Araguás	702	1119
70	Pueyo de Araguás	701	981
71	Aínsa	589	982
72	Pantano de Mediano	504	887
73	El Grado	467	777
74	Presa de Barrosa	1500	1500
<u>Cuenca del río Esera</u>			
75	Villanova	982	1140
76	Seira	815	1037
77	Perarrúa	580	835
78	Pantano de Barasona	510	718
79	Benasque	1138	1222
<u>Cuenca del río Noguera Ribagorzana</u>			
80	Senet	1103	1220
81	Bono	1063	1198
82	Vilaller	981	1017
83	Caldas de Bohí	1500	1409
84	Llesp	1000	1045
85	Pont de Suert	838	1039
86	Puente de Montañana	528	717
87	Pantano de Escalles	818	986
<u>Cuenca del río Vero</u>			
88	Lecina de Vero	780	1087
90	Radiquero	636	885
91	Huerta de Vero	465	572
92	Berbegal	512	609
93	Arias	393	549

Precipitaciones: Referidas al periodo 1969-1972 y en mm/m².

nes de aforo (1947-1973); sin embargo, existen otras estaciones con series más cortas que pueden ser también utilizadas.

Por tanto, para cada cuenca básica se dispuso de un conjunto *A* de estaciones pluviométricas con series cortas y, dentro de él, un subconjunto *B* de estaciones que cubren el período de referencia utilizado en el estudio de escorrentía.

El conjunto *A* de estaciones más cortas aparece en el apéndice n.º 2 (1970-1973 para las cuencas de los ríos Aragón y Gállego y 1969-1972 para las demás) y el subconjunto *B* (1947-1973 para todas) se relacionan a continuación, indicando su distribución por cuencas hidrográficas básicas.

Cuenca del río Aragón: estaciones de Artieda, Villanúa y Arañones.

Cuenca del río Gállego: estaciones de Sabiñánigo, Biescas y Panticosa.

Cuenca del río Ara: estación de Broto.

Cuenca del río Cinca: estaciones de Arias, Mediano, Plandescún y Barrosa.

Cuenca del río Isábena: ninguna.

Cuenca del río Esera: estaciones de Barasona, Perarrúa, Villanova y Benasque.

Cuenca del río Noguera Ribagorzana: estaciones de Pont de Suert y Caldas de Bohí. (Desde 1951-1952 en que comienzan las series de aforos de esta cuenca).

Cuenca del río Vero: ninguna.

La base del método empleado consiste en utilizar el primer grupo más numeroso de estaciones para definir las pautas espaciales de distribución de la precipitación y calcular su volumen en un período corto de años. El segundo grupo (*B*) sirvió para ajustar los valores estimados al período de referencia que se crea conveniente, ya que no todos los aforos tienen el mismo período. Un balance correcto sólo puede hacerse relacionando la precipitación y escorrentía de igual número de años.

En cada cuenca básica se han calculado regresiones entre la precipitación y distintas variables topográficas, medidas en cuadrados de un kilómetro de lado al estudiar las características físicas de las cuencas (véase capítulo II). Para ello se ensayaron diversos modelos en los que se tuvo en cuenta la altitud, coordenadas, pendiente, rugosidad (laplaciana de la altitud) y en los que se utilizaron como muestras las estaciones pluviométricas del conjunto *A* y su precipitación media en el período corto.

Las regresiones, aplicadas a cada cuadrícula de un kilómetro de lado, permitieron evaluar el volumen anual medio precipitado en cada cuenca durante el período corto, cubierto por el conjunto más numeroso de estaciones (*A*).

Tabla n.º 9

VOLUMEN PROMEDIO DE AGUA CAIDA EN LAS CUENCAS
HASTA CADA UNO DE LOS AFOROS DURANTE EL PERIODO
QUE SE INDICA

<u>Número</u>	<u>Aforo</u>	<u>mm/m²</u>	<u>Hm³</u>	<u>Promedio de los años: (*)</u>
1	Canfranc	1668,8	103,46	1971-1973
2	Jaca	1382,9	329,13	1947-1973
3	Yesa	1114,4	2441,65	1947-1973
4	Javierregay	1445,8	503,14	1956-1973
5	Zuriza	1716,9	80,69	1951-1972
6	Binies	1315,9	211,86	1947-1971
7	Sigües	1234,9	624,86	1947-1973
8	Bubal	1843,8	534,70	1970-1973
9	Anzánigo	1157,0	1609,38	1949-1973
10	Santa Eulalia	985,3	1873,05	1947-1973
12	Torla	2125,0	382,50	1967-1973
13	Fiscal	1821,0	773,92	1967-1973
14	Jánovas	1744,1	1002,35	1966-1970
15	Boltaña	1709,0	1069,83	1959-1973
16	Molino de Gistain	1950,1	195,01	1965-1973
17	Lafortunada	1745,2	792,32	1965-1973
18	Aínsa	1617,9	1350,94	1959-1973
19	El Grado	1349,2	2869,74	1947-1973
21	Villanova	1842,1	594,99	1947-1973
22	Graus	1403,6	1253,41	1947-1973
24	Capella	1136,1	483,96	1947-1973
25	Noales	1671,3	127,20	1965-1973
26	Ginaste	1880,8	280,24	1963-1973
27	Caldas de Bohí	1786,8	87,55	1947-1973
28	San Nicolau	1608,7	102,95	1947-1964
29	Llesp	1891,2	425,52	1963-1973
30	Pont de Suert	1746,6	974,60	1952-1973
32	Barbastro	888,3	306,46	1947-1970
35	Aurín	1327,2	110,15	1947-1973 (**)
36	Guarga	822,2	206,37	1947-1973 (**)
37	Bielsa	1621,3	288,59	1947-1973 (**)
38	Campo	1578,6	1032,41	1947-1973 (**)

(*) Periodo correspondiente a los años con datos de aforo.

(**) Aforos en los que se ha evaluado el caudal, para el periodo común 1947-1973.

El paso de esta estimación al volumen medio correspondiente al período básico requerido por las series de aforos se realizó a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{P_{BC}}{P_{BL}} = \frac{V_C}{V_e}$$

de donde $V_e = V_C \frac{P_{BL}}{P_{BC}}$

donde P_{BC} es la precipitación anual media del subconjunto B de estaciones en los mismos años que el subconjunto A, P_{BL} es la precipitación anual media de ese mismo subconjunto B en el período básico; V_C es el volumen anual medio precipitado en la cuenca durante el período corto (subconjunto A) y V_e es el volumen recogido en el período básico.

Puede observarse que el método se basa en el supuesto de que las pautas espaciales en la distribución de la precipitación detectadas en unos pocos años se mantengan al ampliarse el período de estudio.

Creemos que tal supuesto puede justificarse en regiones montañosas, donde la topografía ejerce un control importante en la distribución de las precipitaciones, siempre que se trate de estimar valores medios de un período relativamente largo y que el número de años utilizados para calcular las regresiones no sea excesivamente corto.

De esta forma, se ha podido calcular la precipitación media caída hasta cada aforo durante los años que se estudian y, en consecuencia, realizar los balances hídricos con un máximo de rigor al comparar precipitación y descarga en un mismo período de tiempo. Los resultados se exponen en mm. y Hm^3 en la tabla anterior.

2.3.2. La precipitación en forma de nieve durante la época fría

El volumen de nieve retenida durante la época invernal constituye un factor hidrológico de primera magnitud e introduce notables modificaciones en el régimen fluvial. La escorrentía se ve profundamente alterada tanto en el período frío, al reducirse la descarga debido a su retención en forma de nieve, como en el primaveral, al incrementarse de forma considerable como consecuencia de la fusión.

Su cálculo presenta graves inconvenientes dado el carácter extremadamente esporádico de la información de que se dispone. Los boletines mensuales aportan datos referidos al número de días de precipitaciones en forma de nieve, pero que en ningún momento son indicativos del volumen de nieve acumulada. Acudiendo a los datos diarios que reúne el servicio meteorológico de la cuenca del Ebro, surge el inconveniente de que no todos los observadores anotan el espesor de nieve caída y su ritmo de fusión. Además, la altitud media de los observatorios suele estar por debajo de la zona de presencia continua de nieve invernal y los que hacen observaciones nivométricas dentro de ella son muy escasos y disponen de pocos años de

observación. Todo ello crea grandes lagunas temporales y sobre todo espaciales que inducirían a grandes errores si pretendiéramos calcular con esta mínima información el volumen de nieve acumulado a diferentes altitudes.

Analizando los boletines mensuales puede concluirse que el número de días de precipitación en forma de nieve presenta un promedio anual que varía de 1-2 días en la zona meridional de la provincia a unos 60 días en la zona septentrional hacia los 2.500 m. de altitud. Su distribución altitudinal corresponde a un gradiente aproximado de 4 días de precipitación sólida por cada 100 m. a partir de los 800 m. de altitud, donde la frecuencia es de 10 días de promedio anual. El volumen retenido vendrá dado no sólo por este número de días, sino también por la cantidad de precipitaciones caídas por encima de una determinada altitud a partir de la cual son sólidas debido a las bajas temperaturas en que se producen.

Aunque esporádicamente ya puede darse alguna precipitación nivosa en octubre, es en noviembre cuando se generalizan, si bien con poco espesor y en altitudes superiores a los 2.000 m. Por ello, el volumen retenido es mínimo, dado que tan sólo 201 Km² superan esta cota y sólo 106 Km² superan la de 2.500 m. Son frecuentes los años en que esta nieve caída en noviembre desaparece parcialmente por fusión, debido a períodos lluviosos o ascensos momentáneos de la temperatura a finales de este mes.

Aunque permanezca poco tiempo, sí es importante resaltar los efectos derivados de estas primeras nevadas de noviembre. Hasta esas fechas el suelo todavía permanece relativamente cálido debido a la energía recibida durante el período estival y son estas primeras nevadas, aunque fundan, las que enfrían el suelo y preparan una más fácil permanencia a la nieve, ya generalizada en diciembre. A partir de este mes la frecuencia de precipitaciones sólidas aumenta considerablemente no sólo en intensidad, sino también en superficie. Pueden descender hasta los 800 y 900 m., si bien únicamente permanece de forma casi constante a partir de los 1.200-1.300 m., y no constituye una auténtica reserva hasta por encima de los 1.500-1.600 m. Y es que entre estas dos últimas altitudes la fusión es continua, y si el suelo permanece cubierto de nieve se debe a que periódicamente es repuesta por nuevas precipitaciones nivosas. No es más que una retención momentánea de la descarga, que suele oscilar entre los 10 y 15 días. En el capítulo 3.4. se matizarán los aspectos de fusión y su relación con el régimen fluvial.

2.3.2.1. Aspectos metodológicos del estudio de la nieve

Ante la dificultad de disponer de datos referidos a espesor de nieve, se han buscado otros métodos que indirectamente supliesen esta falta de información nivométrica y permitieran, aun groseramente, evaluar la descarga esperada durante la época de fusión. La metodología aplicada a continuación fue ya empleada por Rijckborst (1967) para un estudio con los mismos objetivos en el valle de Arán (Lérida).

Por medio de las estaciones termométricas que figuran en el mapa adjunto se ha calculado los gradientes de variación de la temperatura media

SITUACION DE LAS ESTACIONES TERMOMETRICAS
UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE LA ISOTERMA DE 0° C EN
LOS MESES DE DICIEMBRE, ENERO, FEBRERO Y MARZO



Fig. n.º 10

Tabla n.º 10
**ESTACIONES TERMOMETRICAS UTILIZADAS PARA EL
 CALCULO DE LA ISOTERMA DE 0°C EN LOS MESES DE
 DICIEMBRE, ENERO, FEBRERO Y MARZO**

<u>Número</u>	<u>Estación</u>	<u>Altitud</u>	<u>Temperatura media en los citados meses</u>
<u>Cuenca del río Aragón</u>			
1	Candanchú	1600	0,3
2	Canfranc "Arañones"	1260	1,7
3	Villanua	953	3,5
4	Bescós de la Garcipollera	932	3,6
5	Ordolés	1040	3,5
6	Hecho	833	4,1
<u>Cuenca del río Gállego</u>			
7	Panticosa	1650	0,1
8	Sallent de Gállego	1305	1,9
9	Pueyo de Jaca	1091	2,8
10	Biescas	880	4,1
11	Sabiñánigo	790	4,4
<u>Cuenca del río Ara</u>			
12	Fanlo del Valle	1320	2,0
13	Broto	1005	3,4
14	Boltaña	634	5,3
<u>Cuenca del río Cinca</u>			
15	Presa de Barrosa	1500	0,3
16	Presa del Cinca	1203	2,5
17	Gistain	1421	1,6
18	Presa de Plandescún	1100	3,0
19	Salinas de Bielsa	760	4,5
<u>Cuenca del río Esera</u>			
20	Benasque	1138	3,0
21	Villanova	982	3,7
23	Seira	815	4,4
24	Argoné	720	5,0
<u>Cuenca del río Ribagorzana</u>			
25	Cavallers	1710	-0,6
26	Bono	1063	3,3
27	Vilaller	981	3,8
28	Llesp	1000	3,5
29	Pont de Suert	838	4,3

Altitud: referida a m s/M

Cuenca del río Isábena: se ha aplicado el mismo gradiente de la cuenca del río Esera.

Tabla n.º 11

VOLUMEN DE NIEVE PRECIPITADA POR ENCIMA DE LA ISOTERMA DE 0° DURANTE LA ESTACION FRIA EN LAS CUENCAS HASTA CADA UNO DE LOS AFOROS (PROMEDIO DE LOS AÑOS QUE SE INDICAN)

Número	Aforo	Volumen de nieve (Hm ³)	Coefficiente de retención	Promedio de los años (*)
1	Canfranc	32,01	31	1971-1973
2	Jaca	68,59	21	1947-1973
3	Yesa	218,27	9	1947-1973
4	Javierregay	81,84	16	1956-1973
5	Zuriza	20,36	25	1951-1972
6	Binies	27,13	13	1947-1971
7	Sigües	27,80	5	1947-1973
8	Bubal	169,40	32	1970-1973
9	Anzánigo	232,00	14	1949-1973
10	Santa Eulalia	226,20	12	1947-1973
12	Torla	124,43	32	1967-1973
13	Fiscal	163,25	21	1967-1973
14	Jánovas	170,81	17	1966-1970
15	Boltaña	168,25	16	1959-1973
16	Molino de Gistain	53,03	27	1965-1973
17	Lafortunada	170,95	22	1965-1973
18	Aínsa	241,23	18	1959-1973
19	El Grado	383,67	13	1947-1973
21	Villanova	149,94	25	1947-1973
22	Graus	187,82	15	1947-1973
24	Capella	15,40	3	1947-1973
25	Noales	25,27	20	1965-1973
26	Ginaste	67,49	24	1963-1973
27	Caldas de Bohí	24,15	28	1947-1973
28	San Nicolau	28,24	27	1947-1964
29	Llesp	104,63	24	1963-1973
30	Pont de Suert	202,12	21	1952-1973
32	Barbastro	----	---	----- (**)
35	Aurín	17,29	15	1947-1973
36	Guarga	3,40	2	1947-1973
37	Bielsa	68,54	24	1947-1973
38	Campo	189,31	19	1947-1973

(*) Periodo correspondiente a los años con datos de aforo

(**) La cuenca del rio Vero hasta Barbastro queda por debajo de la isoterma de 0°C durante la estación fría.

invernal con la altitud en cada una de las cuencas, con el fin de situar altitudinalmente la isoterma de 0° C durante la época fría. Se han tomado los meses de diciembre a marzo inclusive considerando que es la época de máxima retención nival, pues aunque antes y después de estas fechas todavía pueden producirse precipitaciones nivosas, la fusión es lo suficientemente importante como para que la retención sea sólo momentánea.

Cuenca del río Vero

Igual gradiente que para la cuenca del río Cinca.

Según los gradientes, los 0° C de temperatura invernal se sitúan a las siguientes altitudes:

Cuenca del río Aragón	1.549 m.
Cuenca del río Gállego	1.635 m.
Cuenca del río Ara	1.670 m.
Cuenca del río Cinca	1.603 m.
Cuenca del río Esera	1.700 m.
Cuenca del río Isábena	1.700 m.
Cuenca del río N. Ribagorzana	1.605 m.
Cuenca del río Vero	1.603 m.

Conocida la altitud de la isoterma de 0° y considerando que a partir de la citada cota todas las precipitaciones invernales son en forma de nieve, es necesario saber cuál es la precipitación invernal que cae por encima de la citada altitud durante dicho período de tiempo. Para ello se aplicaron los gradientes de precipitación calculados en el apartado 2.3.1. a todas aquellas cuadrículas que tuvieran una altitud igual o superior a la de la isoterma de 0° C. Dichos cálculos se repitieron en cada una de las superficies drenadas por cada aforo.

El procedimiento no da resultados precisos sobre la cantidad de nieve que queda retenida durante la estación fría, pues la irrupción de períodos más benignos en pleno invierno induce a la fusión de una parte de la nieve caída previamente. Sin embargo, entendemos que los datos incluidos en la tabla n.º 13 dan una idea de la importancia relativa de la nieve en cada uno de los aforos estudiados, lo que justifica algunas de las afirmaciones precisadas en el capítulo dedicado a la escorrentía.

Los coeficientes de retención (o porcentaje de precipitación en forma de nieve teóricamente retenida durante la estación fría respecto a la precipitación total) oscilan entre el 32 % en los aforos de Búbal y Torla, y el 2 % en la cuenca del río Guarga. Su significación real está relacionada con el total de superficie por encima de la isoterma de 0°, de forma que los máximos corresponden a aquellos aforos que drenan cuencas de elevada altitud media y viceversa. Analizando globalmente las cuencas se observa que este coeficiente disminuye, en general, de Oeste a Este debido a la estrecha relación existente entre la precipitación invernal y la nieve teóricamente retenida. Esta variación espacial se pone de manifiesto a través del cociente

entre el coeficiente de retención nival y el % de superficie con altitud superior a la cota de la isoterma 0° C.

Cuenca del:	Coeficiente de retención nival (%)	% de superficie por encima de isoterma 0°	C/S
	(C)	(S)	
Aragón	9	17,3	0,52
Gállego	12	16,8	0,71
Ara	16	31,8	0,50
Cinca	13	30,2	0,43
Esera	15	38,1	0,39
Isábena	3	8,3	0,36
Ribagorzana	21	65,3	0,32

(Datos referidos a las estaciones básicas)

Se observa cómo la divisoria Gállego-Ara, al igual que con las precipitaciones, constituye una frontera importante. Hacia el Oeste el volumen de nieve disminuye debido a que la altitud media del relieve es menor, y el régimen térmico más benigno, a pesar de que las precipitaciones invernales sean más importantes. Hacia el Este la retención nival vuelve a disminuir progresivamente debido a la reducción de precipitaciones durante la época fría, a pesar de que persiste la altitud media del relieve y las temperaturas invernales son más frías. En consecuencia, el alto Gállego y alto Ara son las áreas que mayor volumen de nieve retienen de diciembre a marzo.

2.4. EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION

Los valores de evapotranspiración potencial en la provincia de Huesca oscilan entre 400 y 910 mm. anuales. Los más bajos se sitúan en la zona pirenaica, donde la elevada altitud condiciona temperaturas más frescas. En el extremo opuesto se sitúa la mitad meridional de la provincia (910 mm. en Monegros y alrededor de 820 en Fraga), con temperaturas estivales muy elevadas y circulación de vientos desecantes. En este sector el déficit hídrico puede ser de hasta 570 mm. en Sariñena, 400 en Fraga, 325 en Binéfar y 200 en Huesca.

Para disponer de información sobre la evapotranspiración real (concepto que relaciona la temperatura con la precipitación), hemos aplicado la fórmula de Tur:

$$EVT = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

REPRESENTACION GRAFICA DEL GRADIENTE ENTRE LA ALTITUD Y LA EVAPOTRANSPIRACION REAL SEGUN LA FORMULA DE TURC

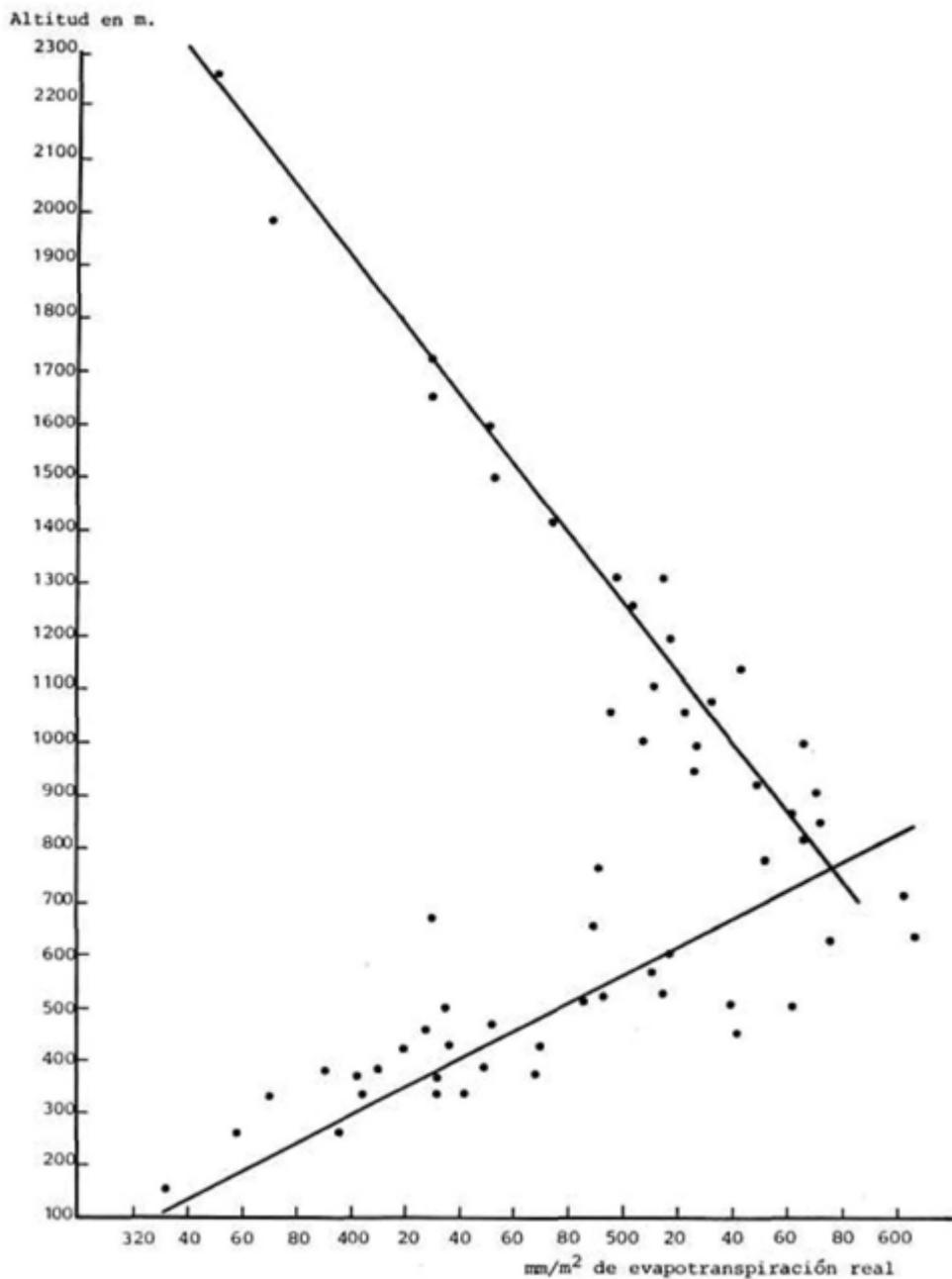


Fig. n.º 11

donde $L = 300 + 25T + 0,05 T^3$

P es la precipitación anual en mm.

T es la temperatura media anual en °C.

Los resultados obtenidos se incluyen en las tablas de balances hídricos elaborados para cada uno de los aforos más importantes. La figura n.º 11 muestra que la evapotranspiración real disminuye progresivamente por debajo de los 750 m. de altitud debido a que las precipitaciones son cada vez menores y, con independencia del elevado poder evaporante de la atmósfera, cada vez hay menor humedad que evapotranspirar. A su vez disminuye también desde esa cota hacia altitudes superiores, pues a pesar de que las precipitaciones son cada vez mayores, disminuye el poder evaporante de la atmósfera debido a que las temperaturas son cada vez más frescas. Por todo ello, la máxima evapotranspiración real se sitúa entre los 700 y 800 m. de altitud, con un valor de unos 560 mm. anuales.

2.4.1. Evaporación en las superficies de agua libres (embalses)

Como se ve en el capítulo 3.2., los caudales de cada una de las cuencas se han naturalizado en el sentido de eliminar la influencia en los embalses reguladores, y así conocer cuál es el régimen natural de cada uno de los ríos. Para dicha naturalización, entre otras cosas, es necesario considerar las superficies de agua que ocupan los embalses y que se hallan sometidas a un constante proceso de evaporación. Para conseguir una exacta naturalización era preciso evaluar estas pérdidas que estarían incluidas dentro de los caudales en caso de no existir dichos embalses.

Por tratarse de superficies de agua libre y ante la falta de otras variables climáticas referidas a la zona de ubicación del embalse y necesarias para aplicar alguna de las fórmulas más ampliamente utilizadas, la evaporación se ha calculado a través de los datos del tanque de evaporación de Jaca (modelo A) correlacionados con las temperaturas de esa misma localidad. Conocida la relación que guardan ambas variables podían calcularse las pérdidas en cada uno de los embalses con la única condición de que dispusieran registros de temperaturas.

La relación evaporación-temperatura no tenía por qué ser la misma todos los meses, por lo que para cada uno de ellos se calculó una regresión con las temperaturas medias de las máximas (\bar{M}) en un período de 10 años. Conocidas estas ecuaciones y comprobado que las diferencias entre determinados meses eran mínimas, se calcularon otras cuatro que las agrupaban según se indica a continuación:

Diciembre-enero-febrero

$$\text{Ecuación: } y = -5,2939 \bar{M} + 2,2543$$

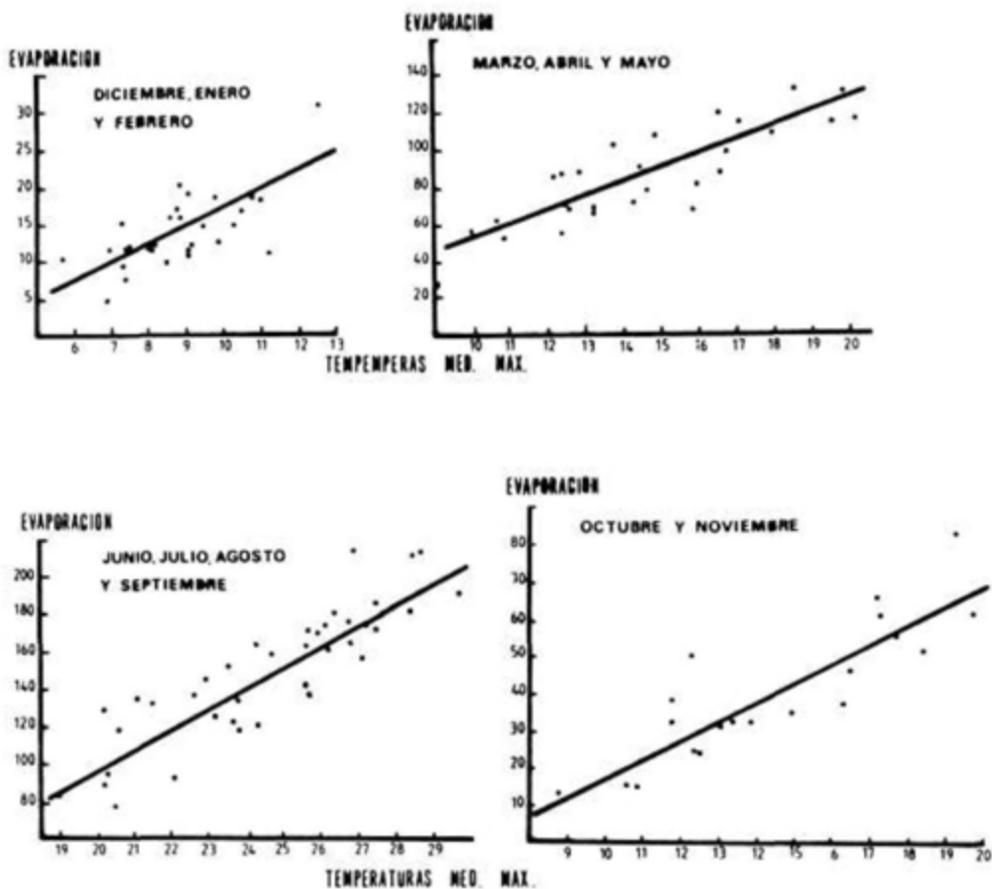
Correlación: 0,64

Marzo-abril-mayo

$$\text{Ecuación: } y = -15,9811 \bar{M} + 7,0675$$

Correlación: 0,82

CORRELACIONES ENTRE LA TEMPERATURA MEDIA DE LAS MAXIMAS Y LA EVAPORACION DEL TANQUE EN JACA



Correlaciones utilizadas para el cálculo de la evaporación en superficies de agua libres (embalses) y en los meses que se indica.
Evaporación en mm./m.² y temperatura en °C.

Fig. n.º 12

Junio-julio-agosto-septiembre

$$\text{Ecuación: } y = -121,1505 \bar{M} + 10,9533$$

Correlación: 0,87

Octubre-noviembre

$$\text{Ecuación: } y = -34,1166 \bar{M} + 5,1497$$

Correlación: 0,87

Para cada embalse se utilizaron las temperaturas medias de las máximas de las siguientes estaciones termométricas:

Embalse	Estación termométrica	Período de años en que se ha calculado la evaporación media	Evaporación anual (mm.)
Yesa	Yesa	1947-48/1973-74	1.217
Búbal	Escarrilla	1970-71/1973-74	616
Sotonera	Sotonera	1947-48/1973-74	1.293
Mediano	Perarrúa	1947-48/1973-74	1.264
El Grado	Perarrúa	1947-48/1973-74	1.264
Barasona	Perarrúa	1947-48/1973-74	1.264
Escales	Pont de Suert	1960-61/1973-74	958
Canelles	Santa Ana	1961-62/1973-74	1.241
Santa Ana	Santa Ana	1961-62/1973-74	1.241

III. LA ESCORRENTIA

Es éste el capítulo central del presente estudio y, por ello, se le va a dedicar especial atención. En él se incluyen todos los aspectos relacionados con los caudales medios y extremos y con su regulación:

- a) Aportaciones anuales.
- b) Aportaciones mensuales.
- c) Crecidas.
- d) Estiajes.

Tales aspectos definen la cantidad de agua disponible en cada cuenca y su variación en el tiempo, así como los riesgos de ocurrencia de caudales máximos y mínimos. El análisis de cada uno de los apartados citados se realiza sucesivamente para cada una de las grandes cuencas, para al final comparar los resultados entre todas ellas y establecer relaciones. Se abre también un epígrafe en el que se sitúa el papel de los diversos aspectos hidrológicos de la provincia de Huesca en el contexto de la cuenca del Ebro.

Iniciamos el capítulo con una rápida exposición de las fuentes utilizadas y una crítica de los datos disponibles. Asimismo, se incluye una presentación de la metodología general utilizada para el estudio de la escorrentía. Las metodologías particulares se han pasado a los correspondientes apartados.

Conviene recordar aquí que recientemente uno de nosotros (García-Ruiz, 1980) ha puesto de relieve el desarrollo que en hidrología clásica han alcanzado los estudios sobre los derrames del Pirineo central español. Así, cabe citar, entre otros, los trabajos de Masachs Alavedra (1942 y 1952), Pardé (1952 y 1953) y Daumas (1964), aunque este último referido sólo a algunas crecidas concretas. Con carácter más general pero con importante extensión, dedicada a los ríos centropirenaicos, pueden señalarse los estudios de Masachs Alavedra (1948 y 1954) y Pardé (1949 y 1964), todos ellos con numerosos gráficos y con un tratamiento muy sencillo de las series disponibles. Más recientemente, resulta imprescindible la obra de Davy

(1978), referida a toda la cuenca del Ebro, si bien en ella pueden hallarse extensas e interesantes alusiones a los regímenes del Pirineo. Su análisis estadístico —sobre todo climático— resulta muy completo y preciso, aunque las series hidrológicas no han sido naturalizadas y sólo dan una idea parcial acerca de la disponibilidad estacional y global de los recursos hídricos. Con carácter más local, Plana Castellvi (1979) ha publicado un artículo sobre la cuenca del Noguera Ribagorzana.

En los últimos años cabe destacar el estudio de García-Ruiz, Puigdefábregas y Creus (1980) sobre las relaciones entre la frecuencia e intensidad de crecidas y las características físicas de las cuencas hidrográficas, y la publicación de García-Ruiz, Puigdefábregas y Martín-Ranz (1983) sobre las crecidas de noviembre de 1982 en el Pirineo Central. Por su parte, Collado (1984) ha abordado el aprovechamiento de los recursos hidráulicos aragoneses, con abundantes referencias a los pirenaicos.

3.1. LAS FUENTES DE INFORMACION UTILIZADAS

Para el estudio de la escorrentia hemos tenido que partir de una serie de datos no elaborados que previamente habían sido recogidos durante años por diversos organismos. Sin embargo, como se verá, tales datos han sido sometidos a una profunda crítica y elaboración, habiendo tenido que experimentar en ocasiones cierta transformación. El tratamiento estadístico de los datos no ha constituido, pues, en tomar los datos preexistentes y aceptarlos sin más como válidos, pues en ese caso los resultados habrían sido distintos de los que presentamos y, sin duda, con mayores probabilidades de error.

Nuestra fuente esencial de información ha sido la Comisaría de Aguas del Ebro, que dispone de una densa red de estaciones de aforo en todo el valle del Ebro y sobre todo en su vertiente pirenaica. Sin embargo, el período de tiempo abarcado es muy desigual, así como su funcionamiento. Algunas estaciones comienzan muy pronto (Barasona en 1906; Villanova, en 1915; Yesa, en 1903, y Ardisa, en 1912). Pero aun en ese caso son datos generalmente dispersos con bastantes lagunas a nivel anual y mensual. Hemos podido constatar que los datos de las estaciones más antiguas comienzan a contar con series de datos diarios completas a partir del año hidrológico 1947-48, que nosotros hemos considerado como punto de partida. De lo anterior hemos desechado todo salvo las series, bastante completas, de Yesa (desde 1913-1914) y Villanova (desde 1915-16) para disponer así de dos series más largas que permitían encuadrar la situación de las restantes series, más cortas (desde 1947-48 a 1973-74).

La cuenca del río Aragón es la que cuenta con una red más densa y antigua, con tres estaciones en el río principal (Canfranc, Jaca y Yesa) y varias en todos sus afluentes importantes (Javierregay en el Aragón Subordán, Zuriza y Biniés en el Veral y Sigüés en el Esca). Las más recientes

son la de Javierregay, funcional desde 1956-1957 y la de Canfranc, instalada en 1971-72. Su funcionamiento puede considerarse como normal, siendo Yesa una estación bastante buena, aunque afectada desde 1955 por las oscilaciones de volumen del embalse de Yesa, lo que dificulta la utilización de los datos diarios y obliga a la naturalización de los datos mensuales y anuales.

El Gállego cuenta, sin embargo, con una distribución mucho más laxa de estaciones de aforo. Estas sólo se encuentran en el río principal (Anzañigo, Santa Eulalia y Ardisa), por lo que la importancia hidrológica de sus afluentes sólo puede deducirse a partir de las precipitaciones. Hemos añadido además como estación el embalse de Búbal, cuyos datos de salida permiten reconstruir una serie breve pero fiable de caudal. La estación de Anzañigo debería ser en teoría la mejor, por no verse influida por el embalse de la Peña, del que se disponen de datos irregulares en continuidad y calidad. Sin embargo, la situación del aforo altera la realidad, sobre todo en períodos de caudales extremos, por lo que ha sido necesario introducir numerosas transformaciones. La estación de Santa Eulalia es mucho mejor y apenas sí se ve afectada por las oscilaciones de volumen de la Peña, embalse de escasa capacidad, de rápido llenado en primavera y lenta salida durante el verano. Por último, la estación de Ardisa, aunque ofrece un buen funcionamiento, en años recientes no puede ser apenas utilizada, porque los datos del embalse de Ardisa y del canal de Ardisa a Sotonera se prestan a muchos errores. Por otra parte, aunque dispone de datos muy antiguos, su serie comienza realmente en 1960-61 por ausencia anterior de datos del canal.

La cuenca del Cinca vuelve de nuevo a estar bien aforada. En el Ara dispone de estaciones en Torla, Fiscal, Jánovas (todas ellas con series muy cortas) y en Boltaña, cuyos datos sólo pueden utilizarse desde 1959-60, pues se han detectado numerosos errores en años anteriores. En el Cinqueta se cuenta con el aforo de Molino Gistaín, sólo desde 1965-66, y en el mismo río Cinca, en los aforos de Lafortunada, Aínsa (cuya serie es buena desde 1959-60) y en El Grado. Esta última dispone de una serie larga desde 1947-48) pero sometida desde los años 60 a la influencia del embalse de El Grado primero y del Mediano después, lo que ha obligado a efectuar correcciones en los datos. El Cinca posee también estación de aforos en Fraga cerca de la desembocadura, sin embargo, a pesar de que su serie es larga, hemos preferido no emplearla de modo general por verse afectada por varios embalses, entre ellos el de Barasona, y por el canal de Aragón. De todas formas, de Fraga se han aprovechado varios datos que permiten disponer de una visión muy global de la cantidad de agua aportada.

En el Esera hay una buena y larga estación en cabecera (Villanova) y otra cerca de la desembocadura (Graus), cuyo funcionamiento es normal; no así la estación de Barasona, que ha tenido que ser casi desechada por nosotros, pues los datos se toman directamente de la salida del embalse, lo que da lugar a no pocos errores, tal como pudimos comprobar mediante sencillas operaciones de cálculo. El Isábena, afluente del Esera, tiene esta-

ción de aforos en Capella, cerca de la desembocadura, con serie desde 1947-48 y funcionamiento normal³.

En el Prepirineo dispone de estación de aforos el río Vero en Barbastro desde 1947-48 a 1970-71, que al parecer ha funcionado con seriedad. En su cabecera posee otra estación pero hemos preferido no utilizarla al comprobar la escasa fiabilidad de sus datos. El Alcanadre está aforado en Lascellas y en Peralta de Alcofea, ambas desde 1947-1948 hasta 1970-71. Con alguna irregularidad han podido ser aprovechables, a diferencia de la estación situada en el Guatizalema y denominada también Peralta de Alcofea, muy irregular en la calidad de sus datos. Además, de forma prudencial hemos reconstruido tres años de datos del río Isuela a su salida del embalse de Arguis y cinco años del río Astón, también a su salida del embalse de las Navas.

Por último, en el río Noguera Ribagorzana vuelve a haber una densa red de estaciones de aforos, sobre todo en la cabecera, aunque las series no son por desgracia muy largas. Su red de afluentes cuenta con aforos en Noales (río Baliera), desde 1965-66 en Caldas de Bohí y Llesp (río Noguera de Tor), desde 1947-48 y 1963-64, respectivamente, y en Palanca de San Nicolau (río San Nicolau) desde 1947-48. Esta última, sin embargo, plantea problemas desde 1965-66, por lo que se ha tenido que prescindir de los años más recientes. En el río principal las estaciones se sitúan en Ginaste, desde 1963-64, y en Pont de Suert desde 1952-53. Aguas abajo existen también las estaciones de Puente Montañana y Piñana, pero ambas están muy influidas por embalses, e incluso por canales de los que se desconoce el caudal anual. Aun así, en Piñana se han podido aprovechar diversos datos.

Además de la Comisaría de Aguas se han consultado datos hidrológicos en manos de empresas privadas⁴. Eléctricas Reunidas de Zaragoza nos cedió los datos del Canal de Jaca para completar el aforo de Jaca para completar el aforo de Jaca, que se encuentra aguas abajo de la derivación y aguas arriba de que las aguas regresen al cauce. Esta misma empresa posee datos de la cuenca del Gállego en Sabiñánigo y Jabarella, pero lamentablemente son datos del agua derivada en canales y no de la total que pasa por el cauce.

Energía e Industrias Aragonesas, S. A. (E.I.A.S.A.) posee una red de supuestos aforos en la cabecera del río Gállego, pues controla la salida de pequeños ibones y embalses para la producción de energía eléctrica. Concretamente posee datos de Alto Escarra (salida del pequeño embalse de Escarra), Alto Aguas Limpias y Alto Caldarés, estos dos últimos a partir de

³ En el Esera aún existe otro aforo denominado «Reversiones», correspondiente al río Esera después que se le ha derivado el Canal de Aragón y Cataluña. En realidad, no se trata de un aforo real, sino de una resta entre la salida del embalse de Barasona y el Canal. Como ambos datos son erróneos en numerosas ocasiones, ni qué decir tiene que Reversiones carece de utilidad, y así parece demostrarlo su escasa continuidad en el tiempo.

⁴ En los Anuarios Hidrológicos se incluyen también datos tomados por empresas de producción eléctrica: Fiscal, Jánovas Lafortunada, alto Noguera Ribagorzana, pero en este caso, al estar publicadas, las hemos considerado como oficiales.

niveles de embalse y de las conducciones hasta las centrales eléctricas. Tales datos ofrecen, sin embargo, numerosos inconvenientes. En primer lugar, el volumen de los embalses no se toma diariamente, lo que da lugar a que los datos tengan que ser rectificadas cada 15 días, con resultados a veces sorprendentes. En segundo lugar, el sistema de aforado pierde su eficacia, en cuanto las aguas de fusión primaveral no pueden ser retenidas en su totalidad y desbordan por encima de la presa. En esas condiciones se dice que «vierten» y el agua sobrante difícilmente puede ser aforada. Así, los datos del alto Gállego, tan importantes por la ausencia de información oficial, tuvieron que ser desechados. Un sencillo tratamiento estadístico nos permitió confirmar su escaso valor.

En resumen, en términos generales se dispone de una buena red de estaciones de aforos en el Aragón, en el Cinca —con algunos problemas en la cabecera del Ara y en la desembocadura—, en el Esera y en el Noguera Ribagorzana. Es menos densa y más irregular en calidad la red de los pequeños afluentes prepirenaicos y es muy deficiente en el Gállego, un río que por su importancia debería de contar con más estaciones en su propio curso y en la desembocadura de su más importantes afluentes.

3.2. METODOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS DE AFORO

A continuación, se describen los pasos que se han seguido en la elaboración estadística general de la información disponible sobre escorrentía. Se han dividido en tres grandes grupos, el primero trata del establecimiento de series continuas y de garantía que constituyen la base de análisis más detallados a nivel mensual y diario, los cuales se incluyen en el segundo y tercer grupo respectivamente.

El objetivo principal de este trabajo es la descripción y estudio de los regímenes naturales de los ríos oscenses. Esta circunstancia nos ha obligado a poner especial atención no sólo a la hora de corregir la distorsión del régimen provocada por obras diversas de ingeniería, sino que incluso ha sido un factor importante a la hora de clasificar estaciones de aforo y elegir períodos de trabajo.

3.2.1. Tratamiento básico de los datos

3.2.1.1. Selección de un período de referencia

Como ya se ha indicado en el apartado 3.1., hemos seleccionado como básico el período que va desde el 1 de octubre de 1947 al 30 de septiembre de 1974. Antes de 1947, las estaciones de aforo son poco numerosas y sus series presentan lagunas importantes. Los datos posteriores a 1974 no han sido aún elaborados por la Comisaría de Aguas en el sentido de transfor-

mar los niveles en caudales, operación que sólo puede realizarse tras la recalibración de las secciones de aforo.

Aunque no es demasiado extenso —27 años—, el período que hemos elegido presenta una longitud suficiente para realizar la mayor parte de los tratamientos estadísticos. Además, contiene buena variedad de regímenes de precipitación: períodos lluviosos, como el decenio de los sesenta; otros más secos, como el de los cincuenta, e incluso años excepcionalmente secos, como el de octubre de 1948 a octubre de 1949.

3.2.1.2. *Clasificación de las estaciones de aforo.*

Hemos dividido a las estaciones de aforo en cuatro categorías:

- Estaciones básicas.
- Estaciones de apoyo.
- Estaciones complementarias.
- Estaciones con series muy largas.

Las estaciones básicas se han elegido de manera que sus series coincidan al máximo con el período de referencia, procurando a la vez que caractericen a cada una de las cuencas básicas y que sean lo más independientes posibles de las modificaciones provocadas por embalses y canales.

Con estos criterios, hemos seleccionado como básicas las estaciones indicadas en la tabla adjunta. Puede comprobarse que para cada cuenca básica se ha incluido una estación de este tipo a la salida del relieve pirenaico, cuando el río ha recibido ya la mayor parte de sus aportaciones. Así sucede con Yesa en el Aragón, Santa Eulalia en el Gállego, El Grado en el Cinca (complementada con Boltaña en el Ara y Aínsa en el Cinca), Graus en el Esera, Capella en el Isábena, Pont de Suert en el Noguera Ribagorzana, y Barbastro en el Vero, esta última como representativa de una cuenca prepirenaica.

Además, hemos incluido en esta categoría de aforos básicos otras dos estaciones: Zuriza en el Veral y Villanova en el Esera. Sus datos aportarán información interesante para el conocimiento del régimen en cursos fluviales de alta montaña situados cerca de los límites occidental y oriental de la provincia, respectivamente.

Los datos de las estaciones básicas han sido objeto de una elaboración estadística especialmente detallada, a nivel diario, como expondremos más adelante.

Las estaciones de apoyo incluyen las situadas arriba de las estaciones básicas o, en el caso de los derrames prepirenaicos, las situadas en cuencas contiguas a la drenada por el río Vero y considerada como básica.

Las estaciones de apoyo han proporcionado información a nivel mensual, sus series han sido objeto de revisión crítica y, al mismo tiempo, sus datos se han naturalizado siempre que ha sido necesario.

Las estaciones complementarias son tres: Ardisa en el Gállego, Fraga en el Cinca y Piñana en el Noguera Ribagorzana. Todas ellas se encuentran aguas abajo de las cuencas definitivas como básicas, cuando los ríos

Tabla n.º 12
CLASIFICACION OPERATIVA DE LOS PUNTOS DE AFORO UTILIZADOS

	<u>Cuenca</u>	<u>Serie</u>	<u>Nº años</u>
AFOROS BASICOS			
Yesa	Aragón	1947-48 a 1973-74	27
Zuriza	Veral	1951-52 a 1972-73	22
Santa Eulalia	Gállego	1947-47 a 1973-74	27
El Grado	Cinca	1947-48 a 1973-74	27
Ainsa	Cinca	1959-60 a 1973-74	15
Boltaña	Ara	1959-60 a 1973-74	15
Villanova	Esera	1947-48 a 1973-74	27
Graus	Esera	1947-48 a 1973-74	27
Capella	Isábena	1947-48 a 1973-74	27
Barbastro	Vero	1947-48 a 1970-71	24
Pont de Suert	N. Ribagorzana	1952-53 a 1973-74	22
AFOROS DE APOYO			
Canfranc	Aragón	1971-72 a 1973-74	3
Jaca	Aragón	1947-48 a 1973-74	27
Javierregay	Aragón Subordan	1956-57 a 1973-74	18
Biniés	Veral	1947-48 a 1971-72	25
Sigüés	Esca	1947-48 a 1973-74	27
Bubal	Gállego	1970-71 a 1973-74	4
Anzánigo	Gállego	1949-50 a 1973-74	25
Torla	Ara	1967-68 a 1973-74	7
Fiscal	Ara	1967-68 a 1973-74	7
Jánovas	Ara	1966-67 a 1970-71	5
Molino Gistaín	Cinqueta	1965-66 a 1973-74	9
Lafortunada	Cinca	1965-66 a 1973-74	9
Barasona	Esera	1947-48 a 1973-74	27
Lascellas	Alcanadre	1947-48 a 1970-71	24
Peralta de Alcof	Alcanadre	1947-48 a 1970-71	24
Noales	Baliera	1965-66 a 1973-74	9
Ginaste	N. Ribagorzana	1963-63 a 1973-74	12
P. de San Nicolau	San Nicolau	1947-48 a 1961-62	18
Caldas de Bohí	N. de Tor	1947-48 a 1961-62	18
Llesp	N. de Tor	1963-64 a 1973-74	11
Arguís	Isuela	1958-59 a 1960-61	3
La Nava	Astón	{ 1958-59 a 1960-61 { 1962-63 a 1963-64	5
AFOROS COMPLEMENTARIOS			
Ardisa	Gállego	1960-61 a 1973-74	14
Fraga	Cinca	1947-48 a 1973-74	27
Piñana	N. Ribagorzana	1947-48 a 1973-74	27
AFOROS CON SERIES MUY LARGAS			
Villanova	Esera	1915-16 a 1973-74	59
Yesa	Aragón	1913-14 a 1973-74	61

correspondientes se disponen ya a abandonar la provincia. Las tres se encuentran afectadas por importantes obras de ingeniería: embalse de Ardisa y trasvase Ardisa-Sotonera en el caso de Ardisa; embalses de Mediano, El Grado y Barasona, Canal del Cinca y Canal de Aragón y Cataluña, el de Fraga; y embalses de Escales, Canelles y Santa Ana en el de Piñana. La naturalización de caudales, corrigiendo el efecto de tales instalaciones, introduce un factor de error de tal magnitud que hemos preferido limitarnos a la consideración de los datos brutos, expresión de la circulación real en cada punto de aforo; únicamente la de Ardisa ha sido restituida a partir de 1960-61, pero debemos reconocer la escasa garantía de tal operación.

Por último, las estaciones con series muy largas son las que presentan datos con buena continuidad para un número de años muy superior al período de referencia. Se reducen a dos que ya han sido incluidas en la categoría de básicas: Yesa y Villanova. Sus datos se han utilizado a nivel anual para conocer el comportamiento de series especialmente largas, del orden de 60 años.

3.2.1.3. *Naturalización de caudales y corrección de datos por métodos estadísticos*

Estas operaciones se han realizado en las series correspondientes a las estaciones básicas y de apoyo, dentro del período de referencia y sobre los totales mensuales y anuales. La naturalización del dato diario distorsiona la realidad de manera tan evidente que optamos por no manipular en absoluto este tipo de observaciones, interpolando únicamente lagunas muy cortas (4-5 días) a la vista de las tendencias experimentadas por ríos próximos.

El tratamiento básico de los datos mensuales comportó las siguientes operaciones:

a) Expresión de todos los datos en forma de aportaciones totales mensuales y anuales. Debe tenerse en cuenta que, salvo indicación contraria, consideramos siempre como año hidrológico el que va del 1 de octubre al 30 de septiembre.

b) Naturalización de las aportaciones anuales. Con esta operación se pretende eliminar los efectos de las obras de ingeniería sobre el régimen natural de las corrientes fluviales. Para ello, a la aportación total de cada año se le añade, por un lado, la variación de reserva (positiva o negativa, según el caso) en los embalses situados aguas arriba del punto de aforo y, por otro, la parte de la aportación desviada mediante canales.

Así, en el río Aragón, para el aforo de Yesa, se han considerado el embalse de Yesa y el Canal de Bardenas. Al tratar el aforo de Jaca, se ha tenido en cuenta el Canal de Jaca, pues, si bien el agua desviada vuelve al río, el punto de aforo se encuentra entre la toma y el retorno del mencionado canal.

En el Gállego se han considerado los embalses de Escarra y de Búbal. Sin embargo, no hemos tenido en cuenta los complejos de ibones repres-

dos en el Caldarés y Aguas Limpias debido a la imprecisión en el cómputo de los volúmenes embalsados (véase 3.1.) y a los vertidos no contabilizados. Por otra parte, el conjunto de estos ibones representa un volumen moderado (37 Hm³) y su manejo a lo largo del año sigue una pauta muy regular (véase 3.7.). El embalse de la Peña tampoco ha sido considerado, ya que sus datos son bastante irregulares, con abundantes lagunas. Como, por otra parte, se trata de un embalse antiguo, anterior al inicio de nuestro período de referencia, de pequeño volumen (25 Hm³) y manejo regular, lo hemos considerado integrado al régimen natural del río.

En el Cinca se ha corregido el efecto de los embalses de Mediano y El Grado, pero no los de Pineta y Plandescún, debido a motivos semejantes a los indicados para los ibones de la cabecera del Gállego.

En el Esera hemos considerado la influencia del embalse de Barasona, pero no la del Canal de Aragón y Cataluña, que se deriva aguas abajo de aquél.

En el Noguera Ribagorzana no corregimos la influencia del embalse de Cavallers, por las mismas razones señaladas en la cabecera del Gállego, ni tampoco la de los grandes embalses (Escaleas, Canelas y Santa Cruz), que se encuentran aguas abajo del aforo básico de Pont de Suert.

Hemos optado por no corregir el efecto de las pequeñas acequias que surten a los regadíos antiguos adyacentes a los cauces fluviales, considerando que constituyen un sistema integrado al régimen natural.

c) Contraste de aportaciones anuales. Para detectar anomalías sistemáticas que afecten a sectores de series anuales hemos utilizado el método de dobles acumulaciones (Heras, 1972), contrastando cada una de las series incluidas en las cuencas básicas con patrones constituidos por series promedio de varios aforos o, por lo menos, correspondientes a las estaciones más fiables.

Mediante este procedimiento, detectamos irregularidades en la primera parte de la serie de Boltaña. Decidimos conservar sólo el sector más moderno (de 1959-60 a 1973-74), ya que la principal finalidad de la serie es la comparación Ara/Cinca, y éste, aforado en Aínsa, cuenta con datos a partir de 1959.

d) Naturalización de aportaciones mensuales. Esta operación se realizó con los mismos criterios indicados en el apartado b), pero añadiendo, además, la evaporación estimada en los principales embalses (Yesa, Búbal, Mediano, El Grado y Barasona). Para ello se utilizaron las estimaciones de evaporación en agua libre indicadas en el capítulo III, aplicándolas a la superficie de los mencionados embalses.

e) Inspección de las series de aportaciones mensuales. Una vez restituidas las aportaciones mensuales al régimen natural, hemos realizado una nueva comparación de series contiguas, esta vez a nivel mensual. También hemos comparado las aportaciones de cada aforo con la suma de los afluentes aforados aguas arriba. Todo ello para descubrir desviaciones sistemáticas o casos en que las entradas fueran superiores a las salidas medidas en la estación de aforo.

En este último aspecto hemos seguido el criterio de considerar el dato erróneo cuando las entradas superan a las salidas en aguas altas. Sin embargo, en aguas bajas hemos permitido un moderado exceso para dejar lugar a posibles infiltraciones, pérdidas en el cauce y derivaciones para pequeños regadíos.

Cuando la inspección de las series revelaba anomalías, comparamos los datos con los correspondientes a series próximas de más garantía, anulando las observaciones que parecieran divergentes. En cualquier caso, siempre hemos otorgado menos confianza a los datos restituidos por corrección del efecto de embalses y canales.

Esta labor «quirúrgica» en las series nos llevó a añadir nuevas lagunas a las ya existentes. Las estaciones situadas al pie de los grandes embalses (Yesa, El Grado y Barasona) han sido las más afectadas. Los efectos del embalse de Yesa se detectan mucho antes de su entrada en servicio, lo que nos obligó a crear una laguna de cuatro años en este aforo.

A veces tuvimos que desechar sectores completos de series, como por ejemplo en los aforos de Caldas de Bohí y San Nicolau. A partir de 1965 este último aforo se desvía sistemáticamente del primero por efecto de una derivación que sustrae agua del San Nicolau a la altura del Estany Llebrata, llevándola al Noguera de Tor (embalse de Cavallers y salto de Caldas). Esta situación nos obligó a prescindir de los años 1962-63 a 1973-74 en las series de ambos aforos. También nos vimos obligados a prescindir de dos series completas, Puente de Montañana y Peralta de Guatzalema. La primera por encontrarse afectada por la derivación del Alto de Montañana y la segunda por su escasa fiabilidad, detectada al compararla con los aforos en el Alcanadre.

f) Interpolación de lagunas a nivel mensual. Esta operación se ha realizado por regresión lineal y siempre que fue posible utilizamos como predictores aforos situados en la misma cuenca básica.

Como norma general, interpolamos sistemáticamente todas las lagunas para asegurar la continuidad de las series. Sin embargo, hemos preferido no extrapolar, es decir no rellenar huecos en cabeza o cola de las series para completar en todas el período básico. Se ha decidido esta alternativa a sabiendas de las dificultades que comporta la interpretación de resultados en series de longitud variable, porque nos ha parecido más importante mantener los datos básicos con el mayor nivel de fiabilidad. Incluso en un caso (Zuriza en julio de 1952 y 1960) no fue posible encontrar una correlación aceptable con otros aforos, por lo que mantuvimos los huecos sin interpolar.

A la hora de estimar valores ausentes no se ha utilizado la precipitación en la cuenca como predictor por dos motivos. El primero porque la estimación de la precipitación caída sobre una cuenca en un determinado mes se halla sujeta a un error considerable. El segundo, porque el prescindir de este criterio nos permitirá estudiar las relaciones entre precipitación y escorrentía sin incurrir en circularidad.

g) Contraste anual definitivo. Una vez interpolados los huecos a nivel mensual, se calcularon las aportaciones totales de nuevo para contrastar las

series entre sí, mediante el método de dobles acumulaciones. Realizada esta operación y asegurados de la inexistencia de anomalías graves, procedimos al establecimiento de las series de trabajo definitivas, comprendiendo las aportaciones mensuales de los aforos básicos y de apoyo dentro del período de referencia.

3.2.2. Tratamiento específico de los datos a nivel mensual y anual

Una vez establecidas las series definitivas para las aportaciones a nivel mensual y anual, se realizaron las siguientes operaciones:

a) Cálculo de valores medios, desviación típica y coeficiente de variación. Expresión de los valores medios en forma de aportaciones (Hm^3), caudales (m^3/s), caudales específicos (l/s/Km^2) y módulos referidos al caudal medio anual.

b) Normalización de las series. El estudio de las distribuciones de frecuencias y el cálculo de probabilidades sobre los datos de escurrentía puede realizarse mediante ajustes gráficos o estadísticos. Los segundos requieren el ajuste de las frecuencias experimentales a curvas conocidas. El principal factor que influye en la selección de estas curvas reside en el hecho de que la mayoría de las distribuciones de datos hidrológicos son asimétricas; es decir, que la media no coincide con la moda. Por eso, la mayoría de las veces se utilizan curvas asimétricas, contándose la de Goodrich entre las más corrientes.

En este trabajo hemos optado por utilizar un procedimiento quizá más flexible. Consiste en aplicar a cada serie de datos x_i una batería de transformaciones comprendiendo:

$$\ln(x_i); \ln(\ln(x_i)); x_i^m,$$

donde m varía de -1 a $+1$ a intervalos de 0.1 .

Realizadas todas las transformaciones mencionadas, seleccionamos en cada caso aquélla que produce una asimetría más próxima a 0 .

Si la distribución de frecuencias fuera normal, tendría obviamente una asimetría igual a 0 y una curtosis igual a 3 . Para comprobar el grado de significación de las desviaciones respecto a la normalidad utilizamos el conjunto de estadísticos conocido como las K de Fischer (Gardiner and Gardiner, 1978).

$$k_2 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

$$k_3 = \frac{n \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)}$$

$$k_4 = \frac{\left(\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^4 \right) (n^2 + n) / (n - 1) - 3 \left(\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 \right)^2}{(n - 2) (n - 3)}$$

donde x_i corresponde al elemento i de la serie, \bar{x} al valor medio y n al número de elementos de la serie.

Estos tres estadísticos permiten calcular $G1$ y $G2$:

$$G1 = \frac{k_3}{k_2} \quad G2 = \frac{k_4}{k_2^2}$$

La desviación respecto a la normalidad de estos valores G se calcula así:

$$V_1 = \frac{Gn(n-1)}{(n-2)(n+1)(n+3)}$$

$$V_2 = \frac{4(n^2-1)V_1}{(n-3)(n+5)}$$

donde las V son las varianzas muestrales de los estadísticos $G1$ y $G2$ para una distribución normal, las cuales dependen solamente del tamaño de la muestra n . A partir de esas varianzas se calculan los cocientes.

$$x_1 = \frac{G_1}{\sqrt{V_1}} \quad x_2 = \frac{G_2}{\sqrt{V_2}}$$

que, directamente, pueden referirse a una tabla de integrales de probabilidad en la distribución normal. En esta tabla, el valor calculado se considera como la desviación estandarizada normal, ignorando el signo y, como se trata de una prueba bilateral, la probabilidad leída debe doblarse. Los valores de probabilidad menores que el nivel de significación escogido implican el rechazo de la hipótesis nula de que no existe diferencia con la distribución normal.

Si uno sólo de los dos estadísticos revela una desviación significativa de la normalidad, debemos referirnos al ji cuadrado combinado, que se calcula,

$$\chi^2 = \frac{G1^2}{V_1} + \frac{G2^2}{V_2}$$

y que se lleva a una tabla χ^2 con dos grados de libertad. Un valor mayor que el tabulado, para el nivel de significación escogido, requiere el rechazo de la hipótesis nula de que no existe desviación significativa de la normalidad.

Los valores de los tres estadísticos X_1 , X_2 y χ^2 se presentan, para cada transformación seleccionada, en el apéndice. Puede apreciarse que la técnica empleada consigue normalizar las distribuciones y, sobre todo, alcanzar valores de asimetría muy próximos a 0.

Una vez normalizadas las distribuciones experimentales mediante el procedimiento que acabamos de describir, pudimos pasar al cálculo de probabilidades mediante un simple ajuste de la curva de Gauss a cada una de las series.

c) Para estudiar las relaciones entre los puntos de aforo, se calcularon los coeficientes de correlación por pares.

Los caudales máximos diarios y los instantáneos no fueron naturalizados y se trataron a nivel anual. Las series afectadas por embalse o canales fueron divididas en sectores que comprendieran los períodos anteriores y posteriores a esas obras.

Las series de extremos anuales así obtenidas fueron estudiadas mediante el ajuste de curvas de Gumbel, lo cual permitió estimar los caudales de avenida para diversos períodos de retorno. La bondad del ajuste de la ley de Gumbel se comprobó en cada caso mediante un test de Kolmogorov (Custodio y Llamas, 1976).

Hemos intentado estudiar las series de caudales máximos mensuales, pero no hemos podido utilizarlas porque suelen ajustarse mal a una ley como la de Gumbel. Para el conocimiento de la distribución estacional de los máximos nos hemos fijado más bien en el porcentaje de veces que el máximo anual ocurre en cada mes del año.

3.2.3. Tratamiento de caudales a nivel diario

Las operaciones que se describen a continuación se realizaron únicamente sobre las estaciones de aforo clasificadas como básicas, y en el caso de que se vieran afectadas por embalses o canales se consideraron sólo los años anteriores a la influencia de dichas obras sobre el régimen fluvial.

En la práctica, el caudal de un día determinado puede considerarse independiente del sucedido en el año anterior. Sin embargo, la dependencia respecto a los valores inmediatos es muy fuerte. Por ese motivo, hemos procurado mantener la continuidad dentro de cada año, considerando sólo períodos anuales completos. Caso de presentarse lagunas a nivel diario, hemos preferido prescindir del año correspondiente ya que, como hemos dicho, la independencia interanual de los datos diarios es mucho mayor que la de mensuales o anuales.

Con las series seleccionadas, cuyas características se resumen en la tabla n.º 17, hemos realizado las siguientes operaciones:

Tabla n.º 13

SERIES UTILIZADAS EN LOS ANÁLISIS DE CAUDAL A NIVEL DIARIO

Estación de aforo	Cuenca	Años incluidos en clasificación de caudales y análisis de aguas altas.	Años incluidos en análisis de aguas bajas.
Zuriza	Veral	$\sum_{1953-54}^{1955-56}$ $\sum_{1957-58}^{1959-60}$ $\sum_{1961-62}^{1972-73}$ n=10	$\sum_{1953-54}^{1954-55}$ $\sum_{1957-58}^{1958-59}$ $\sum_{1961-62}^{1971-72}$ n= 9
Yesa	Aragón	n=10	n= 9
Santa Eulalia	Gállego	n=24	n=23
Boltaña	Ara	n=14	n=13
Ainsa	Cinca	n=15	n=14
El Grado	Cinca	n=12	n=11
Villanova	Esera	n=23	n=22
Graus	Esera	n=25	n=24
Capella	Isábena	$\sum_{1951-52}^{1952-53}$ $\sum_{1955-56}^{1968-69}$ $\sum_{1971-72}^{1973-74}$ n=22	$\sum_{1951-52}^{1955-56}$ $\sum_{1971-72}^{1972-73}$ n=21
Barbastro	Vero	n=22	n=21
Pont de Suert	N. Ribagorzana	$\sum_{1952-53}^{1961-62}$ $\sum_{1963-64}^{1973-74}$	$\sum_{1952-53}^{1960-61}$ $\sum_{1963-64}^{1972-73}$

3.2.3.1. Clasificación de caudales

Para cada serie se clasificó el conjunto de caudales diarios en cien clases de anchura $(M-m)/100$, siendo M el caudal máximo diario registrado en la serie y m el caudal mínimo. Los efectivos de cada clase se expresaron en proporción a los 365 días del año.

3.2.3.2. Detección de avenidas

A fin de identificar los períodos de aguas altas, hemos revisado cada serie utilizando dos criterios. Mediante el primero consideramos aguas altas al caudal que superara tres veces el módulo. El segundo, más restrictivo, exigía superar 5 veces el módulo. En cada caso, se indica además la fecha de ocurrencia.

Esta operación produjo un filtrado de las series que permitió identificar los episodios de aguas altas, comprobar su magnitud, duración y localización en el tiempo.

3.2.3.3. Análisis de aguas bajas

Para este tipo de análisis hemos variado las fechas de comienzo y fin de año. Con mucha frecuencia los estiajes afectan al mes de octubre y aun los primeros días de noviembre. En consecuencia, se consideró que el año, para el estudio de aguas bajas, comienza el uno de diciembre para terminar el 30 de noviembre.

Además, para diferenciar las aguas bajas del invierno, características de los regímenes nivales, de las de verano, provocadas por la escasez de precipitaciones, subdividimos el año en dos partes: época fría (el 1 de diciembre a 30 de abril) y época cálida (1 de mayo a 30 de noviembre). Para cada una de estas dos épocas y para cada año caracterizamos las aguas bajas mediante dos aproximaciones:

- a) Considerándolas definidas por tres atributos:
 - Número de días en que el caudal es inferior a la mitad del módulo.
 - Caudal medio QM de esos días respecto al módulo.

$$QM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i$$

Siendo Q_i el caudal en período de aguas, n el número de días de aguas bajas y M el módulo anual.

- Punta de aguas bajas o caudal mínimo absoluto de la época.

b) Detectando el caudal mínimo no superado en 7, 15, 30, 45, 60 y 90 días cosecutivos para cada época y cada año.

Las distribuciones de frecuencia de los atributos más significativos en ambas aproximaciones fueron estudiadas mediante el sistema de transformaciones múltiples descrito en 3.2.2. b).

La primera aproximación se utilizó para describir estiajes y comparar distintos regímenes fluviales. La segunda sirvió muy bien para estimar intensidades de estiaje asociadas a determinados umbrales de probabilidad o períodos de retorno.

3.3. EVALUACION DE LAS APORTACIONES ANUALES

Se incluyen en este apartado los temas relacionados con el caudal aportado anualmente y su variabilidad interanual, así como las relaciones existentes con las precipitaciones y otras variables físicas. El estudio se realiza cuenca por cuenca, individualizando como tales no sólo las cuatro cuencas fundamentales de la provincia (Aragón, Gállego, Cinca y Noguera Ribagorzana), sino también el Esera y lo que nosotros denominamos como cuenca prepirenaica, a pesar de que ambas entran dentro de la gran cuenca del Cinca. Esta decisión se ha tomado porque el Esera y el Prepirineo presentan características hidrológicas muy peculiares que hemos preferido resaltar.

3.3.1. Cuenca del río Aragón

La aportación media del río Aragón en Yesa, en el período 1947-48 a 1973-74, es de 1.576,85 m³/seg. y un caudal específico de 22,8 l./sg./Km²³, cifra esta última realmente estimable para las dimensiones de la cuenca y teniendo en cuenta que los afluentes de la margen izquierda aportan caudales poco significativos. Dicha cifra media se obtiene a partir de las aportaciones de cada año, cuyo volumen oscila entre los 405,6 Hm³ de 1948-49, año excepcionalmente secto, y los 2.541,2 Hm³ de 1959-60, con un predominio de las aportaciones situadas entre 1.300-1.800 Hm³. El coeficiente de variación de toda la serie (28,8 %) se sitúa por debajo de la mayoría de los ríos con período largo de datos.

En conjunto, el caudal que lleva el río Aragón en Yesa es el segundo en importancia de todas las estaciones básicas estudiadas, sólo ligeramente inferior al caudal aportado por el Cinca en el Grado (1.735,79 Hm³), aunque muy inferior al del mismo río Cinca en Fraga. Claro está, que hay que tener en cuenta que por Yesa el Aragón no ha cubierto más que una pequeña parte de su recorrido. Conviene asimismo recordar que el caudal del río Aragón proviene en gran parte de sus afluentes de la margen derecha y sobre todo de los dos más importantes, el Aragón Subordan y el Esca. Antes de recibir los caudalosos derrames altopirenaicos el Aragón no pasa de ser un río de mediana importancia. Y así, por Canfranc, en plena cabecera, tiene una aportación media de 29,71 Hm³ (lo que equivale a 0,94 m³/sg.),

³ Utilizamos también el caudal específico porque relaciona el caudal con las dimensiones de las cuencas y por ello permite establecer comparaciones.

si bien con cifras obtenidas a partir de una serie de 3 años y por lo tanto poco representativas, aunque sirven para dar una idea del orden de magnitud aproximado en que se mueve su caudal. A pesar de una precipitación más que notable, el caudal específico de Canfranc es sólo de 15,19 l./sg./Km².

Por Jaca la aportación media sube hasta 260,74 Hm³ (8,26 m³/sg. y 34,7 l./sg./Km²). Los valores extremos se sitúan en 61,94 Hm³ para el año 1948-49 y 462 Hm³ para 1960-61. El coeficiente de variación interanual (35,6 %) es de los más elevados de todas las estaciones consideradas, lo que representa un notable índice de irregularidad, si bien inferior al de los pequeños ríos prepirenaicos y al de la cabecera del Ribagorzana⁶.

Como ya hemos visto, a partir de Jaca el río Aragón cambia su curso y presenta una clara disimetría entre sus vertientes septentrional y meridional. Es a partir de aquí cuando recibe a sus más importantes afluentes. Así, el Aragón Subordán, el más caudaloso, aporta una media en Javierregay de 421,48 Hm³ (13,36 m³/sg. y 38,4 l./sg./Km²), con un máximo de 661 Hm³ en 1960-61 y un mínimo de 243,7 Hm³ en 1956-57, si bien se carece de datos correspondientes a la sequía de 1948-49.

Mucha menos importancia, a pesar de su longitud, posee el río Veral, más al oeste. En Zuriza, con 47 Km² de cuenca, la aportación media es de 69,61 Hm³ (2,221 m³/sg.) y un caudal específico de 46,8 l./sg./Km², lo que la sitúa muy por encima de la de Canfranc. Sin embargo, a partir de Zuriza el río Veral no va a experimentar un incremento muy notable de caudal, pues en Biniés, junto a la desembocadura, con 161 Km² de cuenca, no aporta más que 141,6 Hm³ (4,49 m³/sg. y 27,89 l./sg./Km²). Sin duda, en ello influyen ciertas pérdidas cársticas que se dirigen hacia el Subordán y el hecho de que posee una cuenca estrecha en la que sus afluentes no llegan a ser nunca importantes. Sus aportaciones oscilan entre los 208,06 Hm³ del año 1964-65 y los 35,43 Hm³ del año 1948-49.

El segundo afluente en importancia del río Aragón antes de llegar a Yesa es el Esca, casi todo él navarro, salvo su tramo inferior incluido en la provincia de Zaragoza. Su aportación media del período 1947-48/1973-74 es de 351,79 Hm³ en Sigüés (11,5 m³/sg. y 22,04 l./sg./Km²), con un máximo de 575,2 Hm³ en 1960-61 y un mínimo de 72,47 Hm³ en 1948-49. Su coeficiente de variación se sitúa por encima de Yesa, Javierregay y Biniés, lo que demuestra que en ambientes más oceánicos puede existir también una notable irregularidad interanual.

Para nuestros objetivos, centrados exclusivamente en los recursos hídricos de la provincia de Huesca, nos interesa deducir el caudal del río Es-

⁶ Conviene puntualizar aquí dos aspectos que deberán ser tenidos en cuenta en adelante:

a) Es normal que el coeficiente de variación interanual sea generalmente superior en pequeñas que en grandes cuencas. Ello se debe a que en las primeras, con pocos afluentes y poca diversidad litológica y climática, el caudal depende de muy pocos factores, al contrario que en cuencas de mayor tamaño. b) Los coeficientes de variación sólo son comparables entre sí a condición de que se consideren estaciones de aforo con un período similar. Está claro que los aforos que poseen datos de la profunda sequía de 1948-49 presentarán un coeficiente de variación superior a aquellos otros cuya serie comience más tarde.

ca de la aportación total del Aragón en Yesa. Efectuada esa operación, unos 1.200 Hm³ son aguas procedentes de la provincia de Huesca y el resto, hasta completar la cifra total, procede en su mayoría de Navarra y en muy escasa medida de la provincia de Zaragoza.

Por la situación de la cuenca del río Aragón en un medio climático de transición, las oscilaciones pluviométricas interanuales se manifiestan con distinta intensidad en unos afluentes que en otros. Comparando las aportaciones anuales de cada aforo, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

— Durante los años húmedos el río Esca se convierte en el afluente más importante (1965-66, 1966-67 y casi también en 1959-60), lo que se explica por el hecho de que los incrementos de caudal en la cuenca están ligados a un recrudecimiento en la actividad de las borrascas atlánticas, que afectarán por tanto con mayor intensidad a las cuencas situadas más al Oeste. Durante los años normales —con aportaciones en torno a la media— el Aragón Subordán es el afluente más importante.

— Los años secos no se prestan tan bien al establecimiento de pautas generales. Durante la gran sequía de 1948-49 la aportación de Yesa disminuyó a una tercera parte de la media, y sin embargo el Veral lo hizo a una cuarta parte y el Esca a una quinta. Si bien no se dispone de datos del Aragón Subordán en aquellas fechas, de los datos anteriores parece deducirse que tuvo que mantenerse mejor que los restantes afluentes para poder atenuar la disminución de caudal de Yesa. En otros años —que en ningún caso llegan a la sequía anterior— también se aprecia que tanto el Subordán como el Aragón en Jaca soportan mejor la penuria de cudales.

En definitiva, parece deducirse un comportamiento interanual bastante similar en los ríos Esca y Veral (los más occidentales) frente al Aragón Subordán y al Aragón hasta Jaca (los más orientales). Esta diferencia aparece claramente al estudiar las relaciones entre la escorrentía y precipitaciones.

En efecto, al inspeccionar los balances hidrológicos anuales medios pueden establecerse las siguientes conclusiones:

— El río Aragón en Jaca y el Subordán en Javierregay poseen déficits de escorrentía poco acusados. Tales déficits se obtienen restando la descarga fluvial de la precipitación media caída en la cuenca, y se pierden por evaporación, evapotranspiración o infiltración. En el caso de la cuenca del río Aragón, hasta Jaca se ha estimado una precipitación media de 1.382,9 mm., equivalentes a un total de 329,1 Hm³. Si se tiene en cuenta que por Jaca la descarga es de 260,7 Hm³, tendremos un déficit de 68,4 Hm³. Ello significa un coeficiente de escorrentía (caudal/precipitación o Q/P) de 0,8. En el caso de Javierregay, con 503,1 Hm³ precipitados en la cuenca del Subordán, el déficit es de 81,6 Hm³, con un coeficiente de escorrentía de 0,84. Ambos coeficientes son, como veremos, superiores a los del resto de las estaciones de aforo de Huesca (excepto Zuriza), lo que seguramente viene a incidir en indudables ganancias subterráneas desde cuencas vecinas. Por el contrario, en su cabecera el Aragón tiene importantes pérdidas, co-

mo se demuestra por el bajísimo coeficiente de escorrentía de Canfranc (0,28), totalmente anormal para una región de montaña.

— Los ríos Veral y Esca presentan coeficientes mucho más normales. El primero de ellos recibe en su cuenca una precipitación total equivalente a 211,8 Hm³, con un déficit de 70 Hm³. El coeficiente de escorrentía equivale, pues, a 0,67, bastante similar al de otras estaciones de aforo de cabecera, lo que permite sospechar que las posibles pérdidas cársticas de la cuenca del Veral no serán excesivamente importantes. El mismo río Veral, en Zuriza, tiene un coeficiente de escorrentía de 0,87, el más elevado de la provincia. Es probable que si las pérdidas existen entre Zuriza y Biniés afecten a las probables ganancias del mismo río hasta Zuriza. En el caso del Esca la precipitación caída equivale a 624,8 Hm³, con un déficit de 273,7 Hm³ y un coeficiente de 0,56. Aquí se puede hablar con mayor énfasis de pérdidas subterráneas, sobre todo teniendo en cuenta la intensa carsificación de su cabecera, que en gran parte carece de drenaje superficial.

— Por último, la cuenca del Aragón hasta Yesa recibe 2.441,6 Hm³ en forma de precipitaciones, de los que 864,8 constituyen el déficit. El coeficiente de escorrentía es de 0,65, más similar a los ríos orientales que a los occidentales. Hay que tener en cuenta aquí que en Yesa influye mucho la baja escorrentía aportada por la depresión intermedia y por los afluentes de la margen izquierda, lo que reduce sensiblemente el coeficiente.

3.3.2. Cuenca del río Gállego

La forma y jerarquización de la red hidrográfica en la cuenca del río Gállego son responsables del número y distribución de estaciones de aforo. Por desgracia, se carece de una serie larga en cabecera, donde sólo se han podido aprovechar cuatro años naturalizados a partir de los datos de salida del embalse de Búbal.

La aportación media de los cuatro años de Búbal (1970-71 a 1973-74) es de 438,7 Hm³, con un caudal de 13,91 m³/sg., superior al del Subordán y Esca y, por supuesto, muy por encima del Aragón en Jaca. Incide en ello la presencia de macizos próximos o por encima de los 3.000 m. de altitud.

Sin embargo, a partir de aquí el Gállego no va a recibir más que débiles afluentes de escaso recorrido o inscritos en áreas de pobres precipitaciones. De ahí que por Anzánigo, cuando el Gállego drena ya 1.391 Km² de cuenca, la aportación media sea de 870,82 Hm³, con un caudal de 27,61 m³/sg. y, lo que es más significativo, con un caudal específico de 19,85 l./sg./Km², sensiblemente inferior a la mayoría de las estaciones de aforo de la provincia de Huesca (sólo superior al caudal específico de Santa Eulalia y Ardisa, aguas abajo en el mismo río Gállego, y al de los ríos prepirineicos). Por otra parte, aparece considerable distancia entre máximos y mínimos interanuales. La aportación máxima se da en 1965-66 con 1.338,4 Hm³ y la mínima en 1956-57, con 440,89 Hm³. Hay que tener en cuenta, además, que la serie no incluye la sequía excepcional de 1948-49.

Al Sur del Prepirineo el Gállego se afora de nuevo en la estación de Santa Eulalia. Pero, a pesar de que la superficie de la cuenca ha pasado a ser de 1.901 Km², se aprecia un escaso incremento de caudal. La aportación media es de 968,06 Hm³, con un caudal medio de 30,69 m³/sg. y un caudal específico de 16,14 l./sg./Km². De hecho, entre Anzánigo y Santa Eulalia las dimensiones de cuenca se incrementan en un 37 %, pero el caudal sólo lo hace en un 11,2 %; ello está en consonancia con el hecho de que entre ambos puntos el Gállego no recibe más que al Guarga y al Garona como únicos afluentes importantes, mientras el Asabón y los pequeños derrames procedentes del sur del Prepirineo casi no son funcionales más que durante las estaciones de lluvias. La aportación máxima se dio en 1959-60. con 1.559,88 Hm³, y la mínima en la sequía de 1948-49, con 220,22 Hm³.

Como ya se ha indicado anteriormente, la estación de aforos de Ardisa presenta muchos problemas. Al tener que naturalizarse los datos con los de las oscilaciones de volumen del embalse de Ardisa y con las salidas del Canal Trasvase Ardisa-Sotonera, los resultados aparecen muy alterados. Por ello, sin llegar a desprestigiar por completo la serie disponible será utilizada con suma prudencia. La aportación media del período considerado (1960-61 a 1973-74) es de 1.154,08 Hm³, con un caudal medio de 36,59 m³/sg. Un rápido análisis nos permite concluir que esta cifra se halla sobrealorada porque:

— No hay afluentes importantes entre Santa Eulalia y Ardisa que expliquen esos 186 Hm³ de diferencia entre uno y otro aforo.

— Según las cifras disponibles, el caudal específico de Ardisa es de 17,93 l./sg./Km², superior al de Santa Eulalia, lo que es improbable.

El problema en última instancia es la diferente longitud de la serie en una y otra estación, pues Santa Eulalia incluye el período seco de finales de los 40 y comienzo de los 50. Sin duda, por Ardisa no pasará un volumen medio superior a 1.000 Hm³ y para ello no hay más que tener en cuenta que la media de Santa Eulalia en el período 1960-61 a 1973-74 es de 1.137 Hm³ sólo inferior en 17 Hm³ al de Ardisa. Las diferencias entre ambos aforos son, pues, prácticamente nulas.

El estudio conjunto de las estaciones de aforo del río Gállego permite concluir la importancia de las precipitaciones de cabecera. El agua que pasa por Búbal, con un tramo pequeño de cuenca, representa prácticamente la mitad de volumen que pasa por Anzánigo. Pero aún hay más; en años húmedos (1965-66, 1966-67, 1968-69) sigue habiendo pequeñas diferencias entre Anzánigo, Santa Eulalia y Ardisa, lo que significa que en tales circunstancias siguen pesando todavía más los relieves de la parte superior del curso, pues ni siquiera las precipitaciones abundantes impulsan la escorrentía de los cursos de agua prepirenaicos.

Así, pues, el Gállego es un río fuertemente influido por el agua recibida hasta Búbal-Biescas o, si se quiere ampliar, hasta Anzánigo. Sus escasos y poco caudalosos afluentes hacen del Gállego un río bien jerarquizado en el que las ampliaciones de cuenca no se ven compensadas con la incorporación de nuevos derrames. No hay más que tener en cuenta que a la altura de Búbal el coeficiente de escorrentía es de 0,82, muy elevado por la reduc-

ción de la evapotranspiración, la importancia de las pendientes, que favorecen el drenaje, y la ausencia de suelo en gran parte de la cuenca, sobre todo en los macizos graníticos. Sin embargo, por Anzánigo dicho coeficiente es de sólo 0,54, con un déficit de 738,6 Hm³ para una precipitación estimada de 1.609,4 Hm³. Influyen aquí esencialmente la reducción de las pendientes y la incorporación de ambientes donde la evaporación es cada vez mayor. A la altura de Santa Eulalia la precipitación equivale a 1.873,05 Hm³ y el déficit es igual a 904,47 Hm³, con lo que el coeficiente de esorrentía es del 0,52, en la práctica similar a Anzánigo.

3.3.3. Cuenca del río Cinca

Es ésta la cuenca que en conjunto proporciona una mayor aportación dentro de la provincia de Huesca, debido, por un lado, a su gran extensión, y por otro a la importancia de algunos de sus afluentes. Poco antes de su desembocadura, en Fraga, el río Cinca tiene una aportación media de 3.276,9 Hm³ para el período 1966-73. A pesar de la brevedad de la serie, se detecta claramente su importancia, pues su caudal (103,8 m³/sg.) está muy por encima de cualquier otro río de la provincia⁷. Para llegar a este volumen conviene analizar la aportación del río Ara, del mismo río Cinca hasta el aforo de El Grado, del Esera y de la cuenca pirenaica.

El río Ara, por Boltaña, prácticamente en la desembocadura, lleva un volumen de 681,52 Hm³, lo que significa un caudal de 21,6 m³/sg. y 34,5 l./sg./Km². La irregularidad interanual es bastante grande (30,6 %), con una aportación máxima en 1959-60 de 1.059 Hm³, mientras la mínima se da en 1971-72, con 266,3 Hm³. En importancia sólo se ve superado dentro de la provincia de Huesca por el río Aragón, el Gállego y el Cinca, igualándose casi al Esera en Graus. No obstante, hay que tener en cuenta que utilizamos sólo datos a partir de 1959.

Más cortas son las series de Torla, Fiscal y Jánovas, a pesar de lo cual ayudan a comprender la evolución de caudal desde cabecera. En Torla aporta 269,08 Hm³, con un caudal de 8,5 m³/sg. y 47,4 l./sg./Km², cifra esta última muy superior a la de cualquier estación de aforo provincial (sólo se le acerca Zuriza), lo que confirma el papel condensador del macizo de Monte Perdido-Marboré. Aguas abajo el caudal específico disminuye aunque sigue manteniéndose por encima de la tónica general para cuencas de dimensiones similares. Por Fiscal la aportación ha subido ya a 453,09 Hm³ (14,3 m³/sg. y 33,8 l./sg./Km²), mientras que en Jánovas la cifra resultante —sólo válida si se considera de forma orientativa—, es casi similar a la de Boltaña, lo que no deja de ser lógico por la proximidad de ambos aforos.

⁷ Sin embargo, el caudal específico (10,8 l./sg./Km²) es ya muy bajo por la importancia que dentro de la cuenca adquieren las tierras pirenaicas y de la depresión del Ebro, que incrementan la superficie de drenaje sin que lo haga en la misma proporción la esorrentía.

En los cinco años disponibles (1966-67 a 1970-71) el Ara lleva por Jánovas 635,07 Hm³ (20,13 m³/sg.).

El Cinca, por su parte, dispone de una estación en Aínsa que puede servir para comparar con el río Ara en Boltaña. En Aínsa el río Cinca ha cubierto 834,7 Km² de su cuenca y lleva, para un período similar al de Boltaña, un total de 1.043,5 Hm³ (33,08 m³/sg. y 39,6 l./sg./Km²). La comparación resulta favorable a Aínsa, cuyo caudal específico es algo superior; fenómeno éste que puede explicarse por el hecho de que el Ara drena muchos territorios solanos, con una evapotranspiración superior, mientras el Cinca viene de la umbría de Monte Perdido y engloba además el macizo de Cotiella. La relación entre ambas estaciones no es muy estrecha, pues sus tendencias son bastante dispares en años húmedos y secos. Asimismo, conviene señalar que el coeficiente de variación interanual es muy inferior en Aínsa (21,1 %) que en Boltaña (30,60 %).

En cabecera el Cinca dispone aún de otras dos estaciones de aforo más. La de Molino de Gistaín, sobre el Cinqueta, cubre una cuenca todavía pequeña (100 Km²), por lo que la aportación es baja para el período 1965-66 a 1973-74. En total, pasan por dicha estación 128,2 Hm³ (4,06 m³/sg. y 40,6 l./sg./Km²), con un coeficiente de variación muy bajo (15,4 %). Por Lafortunada el Cinca es ya un río importante, aunque aún no ha recibido las aguas del Cotiella, lleva 553,57 Hm³, con un caudal de 17,5 m³/sg.

Está claro, pues, que a partir de Aínsa el Cinca se convierte ya en un gran río con la incorporación del Ara (1.043,4 más 681,52 Hm³, es decir, unos 54,7 m³/sg., cifra superior en esos momentos al caudal del río Aragón en Yesa). Desde Aínsa hasta El Grado el río Cinca ya no recibe afluentes importantes y su aportación no experimenta casi incremento. A la altura de El Grado el volumen de su caudal es de 1.735,79 Hm³, lo que representa 55,04 m³/sg. y 25 l./sg./Km², con un coeficiente de variación interanual relativamente elevado. La máxima aportación corresponde a 1959-60, año húmedo en toda la provincia, con 2.826,7 Hm³, y la mínima en 1948-49, con 552,02 Hm³. Como es lógico, el caudal del Cinca en El Grado se distancia más de la suma del Cinca (Aínsa) y Ara (Boltaña) en años húmedos que en años secos.

Los balances hidrológicos presentan cifras normales, si bien el déficit de esorrentía es inferior en la cabecera del Cinca que en el Ara. En este último río el volumen de precipitación total se estima en 382,5 Hm³, con un déficit de 113,4 Hm³, lo que significa un coeficiente de esorrentía de 0,7^{*}. En Boltaña dicho coeficiente ha pasado a ser de 0,64, lo que representa una disminución moderada. Conviene insistir aquí en que la parte alta del río Ara es muy soleada y favorece la evapotranspiración. En la cabecera del Cinca, por el contrario, se produce un fenómeno curioso: el coeficiente de esorrentía es mayor en Aínsa que en Molino de Gistaín. En este último, muy cerca del nacimiento del Cinqueta se produce un déficit de

* Voluntariamente no hacemos alusión a los balances hidrológicos de Fiscal y Jánovas, pues se prestan a muchos equívocos por la brevedad de su serie.

66,8 Hm³ sobre un total de precipitaciones de 195 Hm³, ello representa un coeficiente de escorrentía de 0,66, en nuestra opinión, algo bajo para las características de la cuenca (¿posibles pérdidas subterráneas?). En Aínsa, el coeficiente ha subido a 0,77, quizás por afluencia cárstica y porque, no lo olvidemos, su cabecera drena varios de los macizos más húmedos de la provincia. En total, la cuenca del Cinca hasta Aínsa recibe una precipitación equivalente a 1.350,9 Hm³, lo que descontando la escorrentía da un déficit de 307,1 Hm³. La comparación del Ara y del Cinca hasta Boltaña y Aínsa respectivamente se decanta de nuevo a favor del último río citado.

A la altura de El Grado el coeficiente de escorrentía ha bajado ya a 0,60, por el paso a través de áreas donde la escorrentía presenta valores muy pobres.

3.3.4. Cuenca del río Esera

Dos son las estaciones de aforo aprovechables dentro del curso del Esera, más un adicional en su afluente, el Isábena. Todas ellas se encuentran en puntos estratégicos para conocer las características hidrológicas más importantes.

El Esera es un río cuya cabecera ejerce una gran influencia sobre el resto de la cuenca, a pesar de que en ella se producen importantes pérdidas cársticas. En Villanova, cuando el río ha cubierto ya 323 Km² de cuenca, la aportación media anual es de 380,14 Hm³. En ese punto el caudal es de 12,05 m³/sg. y de 37,32 l./sg./Km². Sin embargo, si tenemos en cuenta las características de la cabecera del Esera, esta última cifra no resulta comparativamente tan favorable: está algo por debajo del Aragón Subordán en Javierregay, que posee una distribución altitudinal notablemente inferior, del Ara en Torla y del Ribagorzana en Ginaste. Las ya citadas pérdidas de la cabecera, que evacuan el agua del macizo de Aneto hacia el valle de Arán, son responsables de este fenómeno, a pesar del cual el nivel de aportación del Esera se mantiene a un nivel más que aceptable. Tales pérdidas se confirman también analizando el balance hidrológico, que en Villanova da un coeficiente de escorrentía de 0,63, cuando en condiciones normales difícilmente sería inferior a 0,75. En todo ese tramo de cuenca la precipitación se estima en 595 Hm³, lo que significa una equidistribución de 1842,1 mm. Descontando la descarga, el déficit resultante alcanza la suma de 214,8 Hm³, que es muy superior al del Subordán y al del Cinca en Lafortunada, con dimensiones de cuencas mayores. Indudablemente, las pérdidas representan entre un 12 y 20 % de la aportación en Villanova, y posiblemente más en años secos, en los que al menos la alimentación de cabecera estará asegurada. La influencia de este fenómeno será también muy importante desde el punto de vista de la distribución mensual de los caudales. El coeficiente de variación interanual es de los más bajos de la provincia, confirmando en parte la opinión generalizada —quizás demasiado— de la regularidad del Esera. La aportación máxima se da en 1959-60, con 526,6 Hm³, y la mínima en 1948-49, con 178,22 Hm³. Esta última cifra demues-

tra que los años secos no lo son tanto para la cabecera del Esera gracias al papel desempeñado por el relieve.

Por Graus el Esera lleva ya 674,63 Hm³ (21,4 m³/sg.), lo que significa casi duplicar el caudal de Villanova, en consonancia con el hecho de que la superficie de cuenca se ha multiplicado por 2,7. Sin embargo, entre ambas estaciones ha sucedido algo más que un simple incremento de caudal. El coeficiente de variación interanual ha subido hasta 30,02 %, que es, al revés que en Villanova, de los más elevados de la provincia. Sin duda, al alejarnos del Pirineo axil y penetrar en ambientes más mediterráneos, aumenta la irregularidad, con lo que el Esera sólo puede ser considerado como un río regular en su cabecera. No hay más que contemplar que el año 1948-49 pasa por Graus muy poca agua, más que por Villanova (215,3 Hm³), mientras que el año de máxima precipitación (1963-64) llega hasta 1.343,7 Hm³, tres veces el caudal de ese mismo año en Villanova.

La precipitación de la cuenca del Esera hasta Graus alcanza el equivalente a 1.253,41 Hm³. El déficit de escorrentia resultante es de 578,8 Hm³, con un coeficiente de 0,54. Esta cifra es similar a la del río Gállego en Santa Eulalia, a pesar de que el Esera no ha pasado por ambientes tan pobres en precipitaciones como el Gállego. Una vez más se aprecia aquí el papel de las pérdidas de cabecera.

Con la incorporación del río Isábena se completa prácticamente el volumen total aportado por el Esera al Cinca. El Isábena, del que se posee también la serie completa de datos, lleva por Capella una media de 196,62 Hm³, con un caudal de 6,23 m³/sg. Conviene tener aquí en cuenta las características de su cuenca, sólo en una pequeña parte inscrita en las sierras altopirenaicas, quedando la mayoría dentro de ambientes claramente prepirenaicos. Tales características son responsables de:

— Un caudal específico de los más bajos de la provincia, 14,6 l./sg./Km², bien distanciados de los ríos pirenaicos, aunque por encima de los ríos prepirenaicos. Esto incide en ese carácter intermedio que le permite participar a la vez de propiedades de montaña alta y baja.

— Un coeficiente de variación muy elevado, situado en 49,39 %. El predominio de ambientes mediterráneos, con fuertes oscilaciones interanuales en el total de precipitaciones, hace del Isábena un río muy irregular. La máxima aportación tiene lugar en 1959-60, con 492,6 Hm³, y la mínima en 1948-49, con 67,3 Hm³.

— Un coeficiente de escorrentia próximo a los ríos prepirenaicos, con un 0,41. La precipitación se estima en 483,96 Hm³ (equivalentes a 1.136,1 mm./m.²) y el déficit en 287,38 Hm³.

La suma del Esera en Graus más el Isábena debería dar un resultado similar a la aportación media del Esera en Barasona. Sin embargo, esta última es muy superior, con 1.042,1 Hm³ (33 m³/sg.), cifra claramente errónea porque la cuenca incrementa muy poco su superficie y no se recibe ningún otro afluente de consideración. Por Barasona la cifra más aceptable se sitúa en torno a los 900 Hm³ anuales, con lo que se halla bastante por encima del río Ara, el otro afluente importante del Cinca, y supera el río Gállego a su paso por Anzánigo.

3.3.5. Las cuencas prepirenaicas

Aunque son varios los ríos que pueden incluirse dentro de este epígrafe (Vero, Alcanadre, Guatizalema, Flumen, Isuela...) sólo los dos primeros cuentan con estaciones de aforo utilizables, mientras el Guatizalema carece de datos válidos. Sin embargo, estos ríos presentan unas características especiales, bien individualizadas del resto de la provincia, que les vienen dadas por su situación meridional, su nacimiento en relieves poco destacados y la importante extensión que ocupan dentro de la cuenca los territorios de la Depresión del Ebro. Estamos ya en regiones que difícilmente superan los 1.000 mm. de precipitación al año; antes bien, predominan las áreas con precipitación situada entre 800 y 1.000 mm., con importantes tramos del curso medio y bajo entre 500 y 800 mm. Incluso el curso bajo del Alcanadre recibe cantidades inferiores a 500 mm., con evaporación muy intensa y ausencia casi total de escorrentía.

A través del estudio de los datos disponibles (Lascellas y Peralta de Alcofea en el río Alcanadre y Barbastro en el río Vero, con período similar) pueden extraerse las siguientes conclusiones:

a) La aportación total alcanza cifras modestas, aunque contribuyen en buena medida a incrementar los valores del Cinca entre el Grado y Fraga. El río Vero lleva 84,82 Hm³, lo que representa un caudal medio de 2,7 m³/sg., con oscilaciones de volumen que van desde los 221,4 Hm³, registrados en 1968-69, hasta los 8,80 Hm³ de 1949-50. Es evidente, pues, que a pesar de su modestia, algunos años su aportación es importante. Más aún lo es la del Alcanadre, que en Peralta de Alcofea lleva 196,8 Hm³ (6,24 m³/sg.), a lo que habría que sumar los correspondientes al río Guatizalema, afluente suyo que se le une poco después. No hemos utilizado los datos oficiales, pero a modo de orientación diremos que según los datos elaborados en el Anuario Hidrológico 1971-74 se le estima una descarga media de 63 Hm³. En ese caso, el total arrastrado por el Alcanadre rebasa los 250 Hm³ anuales, lo que representa ya una cifra más que estimable. Incluso en 1968-69 (año al parecer especialmente favorable para los ríos prepirenaicos) el Alcanadre llevó 406,3 Hm³, equiparables en ese año al volumen del río Esera en Villanova. Por el contrario, son también normales los años con menos de 100 Hm³, con un mínimo en 1948-49 (51,37 Hm³). El mismo río Alcanadre, aguas arriba de Peralta, dispone de otra estación de aforos en Lascellas, por donde pasan 151,47 Hm³ al año (4,8 m³/sg.).

b) El caudal específico es para estos ríos el más bajo de la provincia, por la disminución de precipitaciones y de las pendientes. Así, para el Vero es de 7,8 l./sg./Km² y para el Alcanadre en Peralta, de 8,16 l./sg./Km² (para el mismo Alcanadre en Lascellas es de 9,6 l./sg./Km²). De aquí se deduce la pobreza relativa de la escorrentía en la vertiente meridional de los Pirineos.

c) Los coeficientes de escorrentía son, por las razones anteriores, muy bajos, en torno al 0,30 para todos los ríos prepirenaicos. Para el Vero es concretamente de 0,28. En la cuenca de este río se reciben 306,46 Hm³

de precipitación y, descontando la descarga (84,82 Hm³), resulta un déficit de 221,67 Hm³. Ello significa que casi las tres cuartas partes de la precipitación se pierden por evapotranspiración. Este fenómeno no hace más que acentuar la debilidad de la descarga, pues a unas precipitaciones escasas se une un coeficiente de escorrentía muy pobre. De ahí que cuantitativamente el Alcanadre tenga cierta importancia, pero no es ni mucho menos la que le correspondería por las dimensiones de su cuenca.

d) Los ríos prepirenaicos poseen unos coeficientes de variación interanual muy elevados. Las cifras llegan al 54,01 % en Lascellas, al 52,07 % en Peralta de Alcofea, y nada menos que al 72,24 % en Barbastro. Todos estos ríos se enclavan en áreas de precipitaciones muy fluctuantes de un año para otro, por el predominio de la influencia mediterránea y submediterránea. Téngase en cuenta que, por ejemplo, en el caso del Vero en Barbastro, la aportación anual más elevada registrada es 27 veces mayor que la mínima.

e) Por su posición dentro de la provincia de Huesca, y dado ese predominio de lo mediterráneo, no responden en sus altibajos de igual forma que los restantes ríos. Y así los máximos se dan en años distintos, dándose el caso de que en algún año, a un incremento general de caudal, los ríos prepirenaicos responden con una ligera disminución.

Señalaremos, por último, que el río Isuela, a la salida de Arguis, registra una aportación media de 4,88 Hm³ (0,156 m³/sg.) para el período de 1958-59 a 1960-61, demasiado breve para ser representativo. No obstante, el resultado es bien indicativo de la penuria de caudales de un río prepirenaico en su cabecera. Por su parte, el río Astón tiene una aportación de 5,47 Hm³ (0,175 m³/sg.).

3.3.6 El río Noguera Ribagorzana

Este río presenta muchas complicaciones en el tramo medio e inferior. Por ello, al no haber podido naturalizarse los caudales, presentamos aquí los resultados brutos, es decir el volumen de agua que pasa anualmente por Piñana, olvidándonos de la existencia de embalses aguas arriba.

El resultado alcanza la cifra de 721,95 Hm³, que representan 22,88 m³/sg., y 13,02 l./sg./Km². Esto coloca al Ribagorzana por debajo de todos los ríos importantes de la provincia, con un caudal específico inferior incluso al del río Isábena. Claro está que por Piñana el Ribagorzana hace ya tiempo que ha abandonado las estribaciones pirenaicas y se ha adentrado en la Depresión del Ebro, donde todos los coeficientes disminuyen rápidamente. Por otra parte, conviene tener en cuenta que desde Pont de Suert ya no recibe ningún afluente importante y que el más extenso de ellos (Guart o Cajigar) va seco durante gran parte del año.

Lo cierto es que el río Noguera Ribagorzana puede considerarse plenamente formado a la altura de Pont de Suert, pues a partir de aquí el incremento de caudal es muy lento y casi siempre ligado a períodos lluviosos. En Pont de Suert el Ribagorzana lleva 554,28 Hm³, con un caudal de 17,57

m.³/sg. (31,49 l./sg./Km²). Las cifras son normales, aunque un poco más bajas que en otras cuencas más occidentales de dimensiones similares; la progresiva disminución de las precipitaciones de Oeste a Este en la vertiente pirenaica es, sin duda, responsable de este fenómeno. Aun así, el mismo Noguera Ribagorzana en Ginaste ofrece cifras más en consonancia con su situación de cabecera: 196,24 Hm³ de aportación media anual (6,22 m³/sg.) y un caudal específico de 41,76 l./sg./Km². Se reflejan aquí las aguas procedentes de la vertiente oriental y suboriental de los Montes Malditos, que poseen caudales específicos muy elevados.

El Noguera Ribagorzana cuenta en este tramo superior con dos afluentes importantes: el Baliera y el Noguera de Tor, el primero oscense y el segundo ilderdense. El Baliera lleva por Noales (período 1965-66 a 1973-74) 77,25 Hm³, con un caudal de 2,45 m³/sg. y un caudal específico de 32,23 l./sg./Km², inferior al de su río principal por el hecho de que desciende de estribaciones meridionales y menos elevadas de los Montes Malditos. Por el contrario cuando el Noguera de Tor se incorpora al Ribagorzana tiene un volumen de descarga más elevado que el río principal. En Llesp lleva 271,98 Hm³ de media anual, con 8,62 m³/sg. y 38,33 l./sg./Km². El mismo Noguera de Tor se encuentra también aforado en Caldas de Bohí (75,00 Hm³ y 2,38 m³/sg.)⁸ y en su afluente San Nicolau (65,06 Hm³ y 2,06 m³/sg.). Estos dos aforos proporcionan un caudal inferior al esperado, quizás por encontrarse ya en el extremo oriental del área de estudio y por ser pequeños valles bastante resguardados de influencias atlánticas; pero aun con todo, sus reducidas dimensiones de cuenca hacían prever caudales específicos más elevados (en Caldas, 38,11 l./sg./Km², y en San Nicolau, 29,28).

También resultan interesantes los coeficientes de variación interanual, donde la máxima irregularidad aparece en Caldas de Bohí (47,06 %) y San Nicolau (44,16 %), seguidos de la cabecera del propio Ribagorzana (Ginaste: 34,44 %). Estos datos contrastan fuertemente con los coeficientes del Baliera (15,47 %) y del Noguera de Tor en Llesp (17,66 %) que se comportan como los ríos más regulares de todos los estudiados. Estos resultados tan diferentes dentro de un espacio reducido puede explicarse porque las series de datos poseen períodos distintos, pero seguramente también por influencia de la litología, que en algunos tramos actuará como reguladora.

Por último, cabe señalar que los coeficientes de escurrentía varían poco de unas estaciones a otras. El más elevado corresponde a Ginaste (0,70), que con una precipitación equivalente a 280,2 Hm³ posee un déficit de 84,02 Hm³. Le sigue el perteneciente a Caldas de Bohí, un 0,67, pero aquí el coeficiente ya no es tan normal, como tampoco lo es el de San Nicolau

⁸ La aportación señalada para el Noguera de Tor en Caldas de Bohí corresponde al período 1947-48 a 1973-74. Sin embargo, hemos calculado también la del período 1947-48 a 1964-65 para hacerla coincidir —y poder así comparar— con San Nicolau. En este caso, el resultado de la serie corta en Caldas da 69,7 Hm.³ y 2,21 m.³/sg., quedando el caudal específico en 44,7 l./sg./Km.².

(0,57), pues para cuencas de dimensiones tan reducidas (49 y 64 Km², respectivamente) y que drenan elevados macizos, las cifras son excesivamente bajas. En Llesp, sin embargo, se sostiene algo el coeficiente (0,64), hasta que por fin disminuye notablemente en Pont de Suert (0,57). Por su parte, el río Baliera, posee también un coeficiente bajo (0,6) en comparación con otros aforos de características similares.

3.3.7. Estudio comparado de las diferentes cuencas

Conviene ahora realizar una breve comparación de las aportaciones anuales entre las diferentes cuencas básicas. Es evidente que la diferencia de dimensiones, las características topográficas y la situación de cada cuenca frente al origen de las precipitaciones dan lugar a volúmenes de escorrentía muy dispares y a una respuesta diferente ante las fluctuaciones climáticas. En un rápido análisis llegamos a las siguientes conclusiones:

a) El río con mayor descarga de la provincia de Huesca es el Cinca, ya desde el momento en que se le une el río Ara en Aínsa. Más tarde, con la incorporación del Esera y de los afluentes prepirenaicos, supera el doble de caudal de su inmediato seguidor (por Fraga, más de 3.200 Hm³). Claro está que hay que tener en cuenta que a la altura de Fraga el Cinca drena una superficie de 9.612 Km², bastante más de la mitad de la provincia de Huesca, lo que explica su neto predominio sobre los restantes ríos. Aun así, su caudal no está sólo en función de sus dimensiones, pues cuando recibe al Ara, momento en el que ha cubierto unos 1.400 Km² de cuenca (bastante menos que el Aragón en Yesa), es ya el río más caudaloso de Huesca. Ello se explica porque su cabecera se inscribe en un área de importantes precipitaciones, sin duda de las más elevadas de la provincia.

Tras el Cinca, sigue en importancia el río Aragón en Yesa, con 1.576,8 Hm³ y el río Gállego en Santa Eulalia, con 968 Hm³. Tras ellos, el Esera a la salida del embalse de Barasona y el Noguera Ribagorzana en Piñana. Por su parte, entre los prepirenaicos el más importante es el Alcanadre, que con el Guatizalema tiene una aportación superior a, por ejemplo, el río Veral, el Isábena o el Ribagorzana en Ginaste, y similar a la del Aragón en Jaca.

b) Los caudales específicos más elevados coinciden generalmente con cuencas pequeñas situadas en la cabecera, rodeadas de macizos montañosos. Así, la máxima escorrentía relativa corresponde a Torla y a Zuriza. En cuencas grandes el mejor comportamiento corresponde al Cinca-Ara en Aínsa. El mismo río Cinca en El Grado está algo por encima del Esera en Graus y del Aragón en Yesa, mientras el Gállego en Santa Eulalia queda muy distanciado. Basta observar la cuenca del Gállego para comprender este fenómeno, pues tan sólo su cabecera posee un caudal específico elevado. Por supuesto, los ríos prepirenaicos, por las características de sus cuencas, son los que ofrecen una menor escorrentía por unidad de superficie. Este esquema, sin embargo, se altera algo si se analizan los balances hidrológicos. Entre las cuencas básicas, la del Aragón es la que ofrece un balance

más positivo, con una relación escorrentía/precipitación del 0,65, mientras que en el Cinca (el Grado) es del 0,60, coincidiendo con una marcada disminución de las precipitaciones aguas abajo de Aínsa. En el Gállego (0,52 en Santa Eulalia) influyen mucho los relieves prepirenaicos y en el Esera (0,54 en Graus) las precipitaciones son sensiblemente más bajas a partir de Campo, y hay que tener en cuenta además las infiltraciones de la cabecera. En los prepirenaicos sólo escurre por los ríos entre la tercera y quinta parte del agua precipitada.

c) En las cuencas básicas los coeficientes de variación interanual parecen aumentar de oeste a este, conforme disminuye la influencia atlántica. Así, en Yesa es del 28,8 %, en el Gállego y en el Cinca es similar (en torno al 32 %) y en el Esera (Graus) es del 37%. El coeficiente de Pont de Suert (en el N. Ribagorzana) no es comparable por comprender un período bastante menor. El Isábena y los ríos prepirenaicos presentan una gran irregularidad interanual, por no influir en ellos importantes macizos condensadores de humedad, estar alejados de los vientos oceánicos y depender de las grandes fluctuaciones mediterráneas.

d) Por último, hemos obtenido los coeficientes de correlación entre las aportaciones de cada cuenca con objeto de establecer las relaciones entre cuencas alejadas y próximas. A nivel de cuencas básicas, se aprecian coeficientes muy elevados entre cuencas próximas, con progresiva tendencia a disminuir conforme la operación se realiza con cuencas más alejadas. Así, el río Aragón en Yesa tiene un coeficiente de correlación del 0,93 con el río Gállego en Santa Eulalia, del 0,8 con el Cinca en el Grado, y del 0,76 con el Esera en Barasona. Y en el caso de Santa Eulalia, obtenemos un coeficiente del 0,85 con el Cinca y del 0,80 con Barasona. Los resultados pueden considerarse normales, pues es de esperar que un río reaccione ante las oscilaciones climáticas interanuales de forma parecida a otro muy próximo por la similitud de influencias.

Dentro de cada cuenca, en la de Yesa, se observa que el Aragón en Jaca y el Subordán en Javierregay están relativamente relacionados, mientras que ninguno de los dos lo está apenas con el Veral o con el Esca, de influencias más oceánicas. En el Gállego las correlaciones dentro de la cuenca son muy elevadas por tratarse de afluentes que se escalonan en el mismo río. En el Cinca, las estaciones de Boltaña y Aínsa están sorprendentemente poco relacionadas (coeficiente igual a 0,33). Sin embargo, existe una estrecha correlación (0,97) entre el Grado y la suma de caudales de Boltaña y Aínsa. En el Esera todos los afluentes dan índices elevados entre sí, pero sobre todo la suma del Esera en Graus y del Isábena en Capella con las aportaciones del Esera en Barasona (0,99). En el Noguera Ribagorzana es elevada la correlación entre Llesp y Pont de Suert (0,84), entre Ginaste y Pont (0,94) y entre las dos estaciones más elevadas, Caldas y San Nicolau (0,98).

No obstante, la relación existente entre lo que llamamos «estaciones nivales» suele ser muy baja. Así, Zuriza sólo se parece medianamente a Torla y Villanova a Noales. Las restantes entre sí dan resultados poco significativos.

3.3.8. El papel de las aportaciones fluviales de la provincia de Huesca en la descarga anual del río Ebro

Carecemos de suficientes elementos de juicio como para determinar de forma tajante la proporción existente entre la aportación media del río Ebro y la de la totalidad de los ríos de la provincia de Huesca. Los períodos estudiados no son siempre los mismos, lo que impide que los datos sean totalmente comparables. Pero, además, sería necesario disponer de estaciones de aforos válidas en el momento en que los ríos salen de la provincia. En nuestro caso son cuatro los ríos que drenan el territorio oscense, el Aragón, el Gállego, el Cinca y el Noguera Ribagorzana. Para los dos primeros contamos con los aforos respectivos de Yesa y Santa Eulalia, muy próximos al límite provincial; con respecto a Yesa, sin embargo, aún se hace necesario descontar la aportación del río Esca, procedente en su mayor parte de Navarra. Pero en el Cinca los problemas se acentúan. El aforo de Fraga podría ser muy bueno por hallarse también cerca del límite provincial, pero sus datos no han sido naturalizados⁹. Por otra parte, los datos disponibles del Ebro son brutos, sin haber sido sometidos a un proceso crítico y a una naturalización (en la que habría que incluir las salidas derivadas por los canales Imperial de Aragón, Lodosa y Tauste). Aun así, presentamos un breve resumen que pueda servir de base aproximada.

En esquema, los caudales procedentes de la provincia de Huesca pueden resumirse de la siguiente forma:

Río Aragón (Yesa):	1.225 Hm ³ ¹⁰ .
Río Gállego (Santa Eulalia):	968 Hm ³ .
Río Cinca (Fraga):	3.000 Hm ³ .
Río N. Ribagorzana (Piñana):	272 Hm ³ ¹¹ .
Total:	5.465 Hm ³ .

En el Ebro hemos tomado como base de comparación el aforo de Flix, situado aguas abajo de la incorporación del complejo Segre-Cinca y de los pequeños afluentes procedentes del Bajo Aragón. En ese punto, cuando el Ebro ha cubierto ya 82.416 Km² de su cuenca, cuenta con un caudal muy similar al de Tortosa, próximo al de la desembocadura. En Flix el Ebro posee una aportación total de 15.018 Hm³, a los que habría que añadir el agua consumida hasta entonces en regadíos. En cualquier caso, parece evi-

⁹ Además, estos últimos años resultan más húmedos de lo normal con lo que no son muy comparables con otras estaciones. La aportación de Fraga desde 1966-67 a 1973-74 es de 3.276,9 Hm³, pero convendría dejarla en unos 3.000 Hm³ por esa razón (cifra que por otra parte se acerca a la suma del Cinca en El Grado más el Esera en Graus, el Isábena en Capella y los ríos prepirenaicos).

¹⁰ La cifra del río Aragón resulta de descontar los 352 Hm³ aportados por el Esca en Sigüés a los 1.577 Hm³ aforados en Yesa.

¹¹ Los 272 Hm³ asignados al Noguera Ribagorzana en Piñana son de manera muy aproximada los procedentes de la provincia de Huesca. El resto, hasta los 721 Hm³ de la aportación total proceden de la provincia de Lérida.

dente que la provincia de Huesca representa casi la tercera parte de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del Ebro.

Esta proporción se mantiene cualquiera que sea la tendencia pluviométrica anual. No obstante, durante el año hidrológico 1948-49, famoso por su profunda y prolongada sequía, los efectos de la escasez de precipitaciones se dejaron sentir algo más en la provincia de Huesca que en otros puntos de la cuenca del Ebro. Concretamente, el río Segre se vio algo menos afectado que el Cinca. En años húmedos la proporción se mantiene bien; y así, en 1959-60, que es el año más húmedo desde 1947, el Ebro aportó en Flix 26.134 Hm³, de los que unos 9.300 procedían de la provincia de Huesca.

Todo ello no hace más que incidir en un asunto que tiene notable importancia: el Pirineo Central desempeña un papel decisivo en el contexto de la cuenca del Ebro. Dicho papel será matizado al estudiar los regímenes fluviales con sus variaciones mensuales.

3.4. EVALUACION DE LA ESCORRENTIA MENSUAL

La distribución de la escorrentía mensual responde a unos factores que se combinan de forma compleja para dar lugar a lo que llamamos regímenes fluviales. Tales factores son, en esquema, los siguientes:

a) Distribución de las precipitaciones.

b) Importancia del volumen de nieve acumulado en las cabeceras y características de su fusión.

c) Capacidad de la cuenca para almacenar agua durante la estación húmeda, factor íntimamente ligado a la litología.

En la mayoría de los ríos de la provincia de Huesca el tercer factor queda relegado a un plano muy secundario. Lo esencial de la distribución mensual de caudales se encuentra explicado por los dos primeros.

Como en el caso de las aportaciones anuales, realizaremos el estudio para cada cuenca con un resumen comparativo al final.

3.4.1. Cuenca del río Aragón

El análisis de las medias mensuales del río Aragón en Yesa nos presenta un régimen relativamente atenuado en comparación con sus afluentes. Hay que tener en cuenta aquí que estos últimos no participan de unas mismas características en cuanto al régimen, pues nos vamos a encontrar con pautas de variación de tendencia oceánica frente a la influencia nival de más a este, todas ellas matizadas por las curvas de caudal de los afluentes prepirenaicos, de mucha menor importancia, pero que están ligadas a ritmos de precipitaciones y escorrentía distintos de los anteriores. Conviene, pues, precisar cada una de estas influencias para sintetizar el origen y las características de la curva anual de caudal en el aforo de Yesa.

Tabla n.º 14

APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO ARAGON

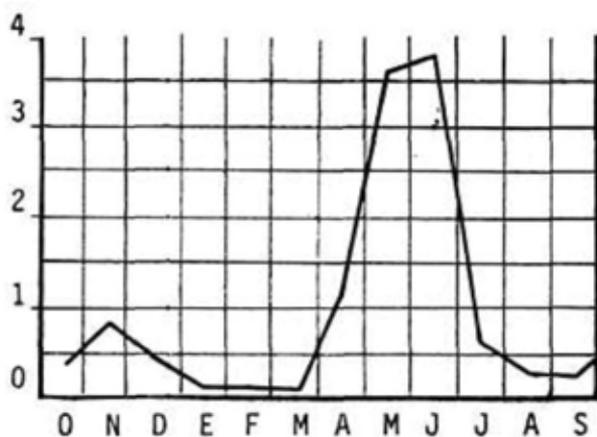
Estaciones	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
CANFRANC	m ³ /sg	0,37	0,77	0,42	0,18	0,16	1,11	3,42	3,58	0,62	0,29	0,24	0,94
	Hm ³	0,99	1,99	1,12	0,48	0,38	2,88	9,17	9,29	1,66	0,77	0,62	29,71
	l/sg/km ²	5,98	12,38	6,76	2,89	2,51	17,90	55,24	47,79	9,98	4,64	3,84	15,19
JACA	m ³ /sg	5,43	9,43	6,05	6,44	5,91	12,30	18,46	14,90	5,18	2,65	3,69	8,27
	Hm ³	14,53	24,44	16,21	17,26	14,29	31,87	49,45	38,62	13,88	7,09	9,55	260,74
	l/sg/km ²	22,79	39,61	25,44	27,07	24,83	36,89	51,67	62,60	21,78	11,12	15,49	34,32
JAVIERREGAY	m ³ /sg	9,58	15,12	11,61	12,10	14,35	17,31	22,05	18,15	6,47	3,31	4,92	13,37
	Hm ³	25,67	39,19	31,09	32,41	34,71	46,36	57,15	68,89	47,04	17,34	8,98	421,48
	l/sg/km ²	27,54	43,44	33,35	34,77	41,23	49,73	63,36	73,91	52,15	18,60	9,52	38,41
ZURIZA	m ³ /sg	1,42	2,37	2,47	2,12	2,08	3,14	3,68	2,84	1,30	0,63	0,98	2,21
	Hm ³	3,79	6,14	6,61	5,69	5,02	8,41	9,53	7,37	3,49	1,69	2,53	69,61
	l/sg/km ²	30,11	50,37	52,51	45,16	44,19	66,84	78,20	60,49	27,73	13,44	20,75	46,96
BINIES	m ³ /sg	2,75	5,01	4,98	5,79	5,97	7,18	7,31	6,89	4,22	1,19	1,68	4,49
	Hm ³	7,36	12,99	13,34	15,50	14,45	19,23	18,96	18,45	10,93	3,19	2,84	141,63
	l/sg/km ²	17,07	31,13	30,94	35,05	37,11	44,60	45,43	42,78	26,19	7,39	6,60	27,90
SIGUES	m ³ /sg	6,09	11,24	16,56	17,36	19,49	18,65	15,20	11,77	8,13	3,23	3,10	11,16
	Hm ³	16,30	29,15	44,37	46,50	47,17	49,96	39,39	31,51	21,07	9,67	8,03	351,79
	l/sg/km ²	12,03	22,22	32,74	34,31	38,52	36,86	30,03	23,25	16,06	7,14	6,39	22,05
YESA	m ³	32,87	54,33	51,42	58,08	62,91	71,90	72,33	77,96	57,24	25,68	18,07	50,01
	Hm ³	88,05	140,82	137,71	155,56	152,18	192,57	187,47	208,81	148,36	68,78	48,39	1576,85
	l/sg/km ²	15,00	24,80	23,47	26,51	28,71	32,81	33,01	35,58	26,12	11,72	8,25	22,82
Evap. (Hm ³)(*)	1,41	0,74	0,31	0,32	0,42	1,82	2,17	2,78	3,41	4,18	4,08	3,37	25,01

(*) Evaporación estimada en el embalse de Yesa, a deducir de las aportaciones.

A pesar de la dificultad que supone contar con sólo un período de 3 años, puede deducirse fácilmente la influencia nival de Canfranc, con un ligero matiz pluvial en noviembre. En octubre comienza la recuperación de la sequía estival, alcanzándose un máximo secundario en el mes de noviembre, con $0,768 \text{ m}^3/\text{sg.}$ (aportación de $1,99 \text{ Hm}^3$) debido a la revitalización de las lluvias otoñales. A partir de ahí se inicia un descenso de caudal que alcanza su mínimo en febrero-marzo, a pesar de que las precipitaciones siguen siendo elevadas; sin embargo, a partir de mediados o finales de noviembre la lluvia caída lo hace en forma de nieve, que queda retenida en la cabecera. Por ello, en los balances hidrológicos mensuales la estación invernal es la que paradójicamente presenta déficit de escorrentía más acusados, con coeficientes de escorrentía bajísimos ($0,09$ en diciembre, $0,06$ en enero y $0,04$ en marzo). Este último mes es el que da una media de caudal más pobre, con $0,12 \text{ m}^3/\text{sg.}$ (aportación de $0,33 \text{ Hm}^3$), es decir, una novena parte del caudal medio anual. No obstante, Canfranc es una estación de aforos que acusa pronto los cambios estacionales. En abril el caudal supera ya la media, con $1,11 \text{ m}^3/\text{sg.}$, anunciando la fusión primaveral, cuyo proceso continúa durante mayo y aún más en junio, con cifras de caudal superiores en más de tres veces la media anual. En junio la aportación mensual llega a $9,17 \text{ Hm}^3$ ($3,58 \text{ m}^3/\text{sg.}$), debido también en parte a que las precipitaciones se mantienen a buen nivel. Lo cierto es que desde abril el déficit de escorrentía disminuye gracias a la compensación efectuada por las aguas de fusión. Téngase en cuenta que en la cabecera del Aragón hasta Canfranc la nieve retenida durante el invierno y fundida en primavera representa el 31 % del total de precipitaciones. De todas formas, la cuenca es pequeña y en Canfranc no engloba a macizos muy elevados, lo que da lugar a que la reserva nival se agote pronto y en julio los caudales sean bajos de nuevo ($0,62 \text{ m}^3/\text{sg.}$), alcanzando el mínimo en septiembre, con $0,24 \text{ m}^3/\text{sg.}$. Aun con todo, la cifra de estiaje no llega a ser tan baja como la provocada por la retención nival en enero, febrero y marzo. Por otra parte, el carácter nival de esta estación queda reforzado por el hecho de que sólo tres meses (abril, mayo y junio, el primero por muy poco) superen la media anual de caudal.

En Jaca el esquema general varía poco, pero sí lo hace la importancia relativa de cada uno de los meses. Sigue apareciendo un pequeño incremento en noviembre, que alcanza aquí mayor intensidad, hasta superar la media anual, con $9,42 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y una aportación de 24 Hm^3 . A partir de entonces el caudal se reduce a unas cotas próximas a los $6 \text{ m}^3/\text{sg.}$ hasta que en marzo se inicia la recuperación provocada por la fusión nival y sobre todo porque a esas alturas del año las precipitaciones caen ya en forma líquida en buena parte de la cuenca o, si caen en forma de nieve, funden casi inmediatamente. En abril, mayo y junio se manifiesta claramente la fusión nival, con un máximo en mayo ($18,46 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $49,45 \text{ Hm}^3$), que representa un caudal algo superior al doble de la media anual. Estos tres meses poseen un balance claramente positivo, pues el río Aragón lleva por Jaca más agua de la total precipitada en ese tramo de cuenca. Interesa recordar aho-

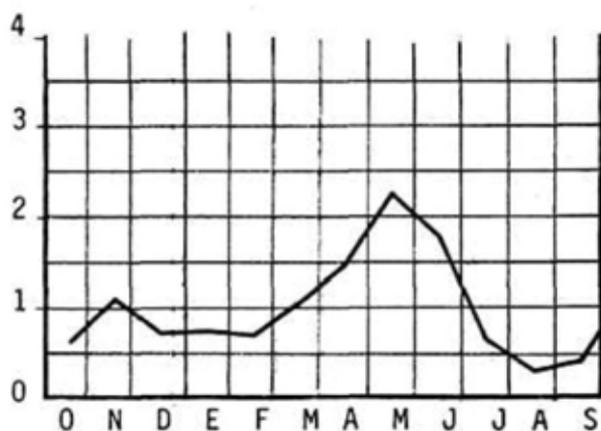
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: CANFRANC

Rio: ARAGON

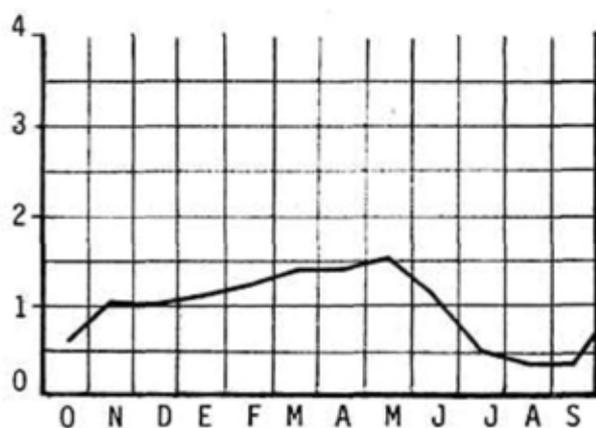
Módulo (m³/sg): 0,942



Aforo: JACA

Rio: ARAGON

Módulo (m³/sg): 8,268



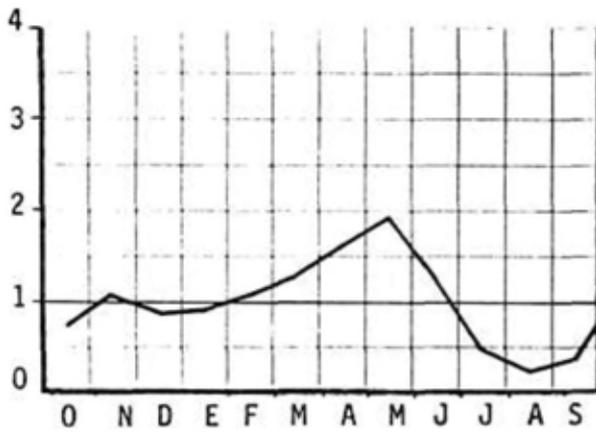
Aforo: YESA

Rio: ARAGON

Módulo (m³/sg): 50,01

Fig. n.º 13

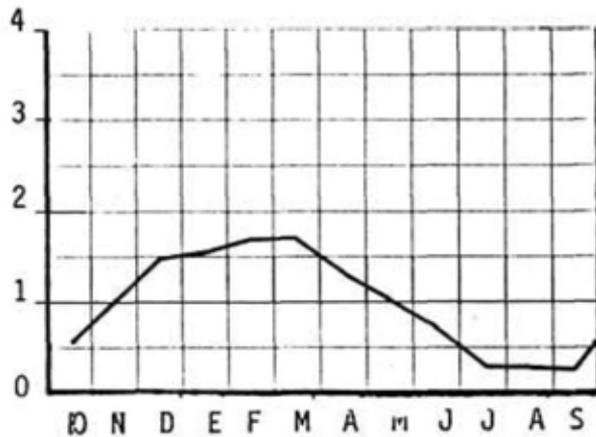
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: JAVIERREGAY

Rio: ARAGON SUBORDAN
(ARAGON)

Módulo (m³/sg): 13,365



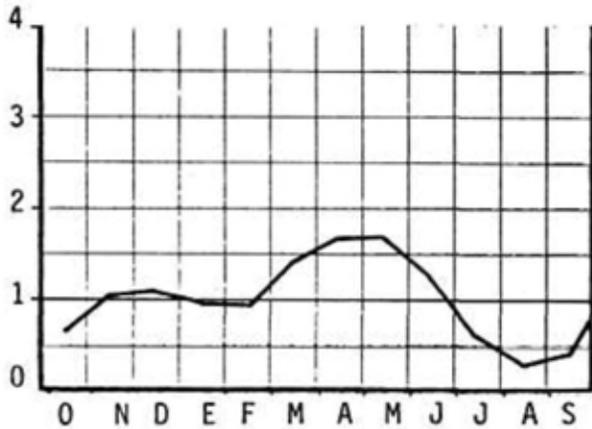
Aforo: SIGÜES

Rio: ESCA (ARAGON)

Módulo (m³/sg): 11,155

Fig. n.º 14

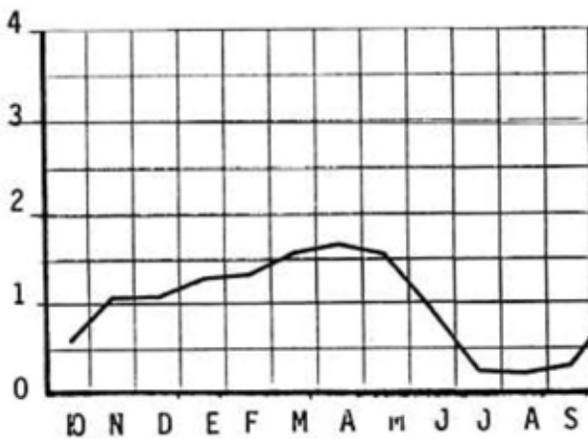
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: ZURIZA

Rio: VERAL (ARAGON)

Módulo (m³/sg): 2,207



Aforo: BINIES

Rio: VERAL (ARAGON)

Módulo (m³/sg): 4,491

Fig. n.º 15

Tabla n.º 15
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
ARAGON HASTA EL AFORO DE CANFRANC
 Superficie de la cuenca: 62 Km.². Serie utilizada, 1971-73

Meses	(P)		(Q)		D=P-Q Hm3	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m ²)	Déficit mm			
Enero	125,2	7,74	-117,46	-7,28	0,06	
Febrero	120,1	6,10	-114,00	-7,07	0,05	
Marzo	116,8	5,30	-111,50	-6,91	0,04	
Abril	143,5	46,45	-97,05	-6,02	0,32	
Mayo	150,2	147,96	-2,30	-0,14	0,98	
Junio	145,2	149,84	4,64	0,29	1,03	
Julio	78,4	26,77	-51,63	-3,20	0,34	
Agosto	91,8	12,42	-79,38	-4,92	0,13	
Septiembre	146,8	10,00	-136,80	-8,48	0,07	
Octubre	148,5	16,02	-132,48	-8,21	0,11	
Noviembre	205,3	32,10	-173,20	-10,74	0,15	
Diciembre	197,0	18,05	-178,94	-11,09	0,09	
TOTAL ANUAL	1668,8	478,70	-1190,10	-73,79	0,28	
Evapotranspiración Real (mm) = 402						

Tabla n.º 16
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
ARAGON HASTA EL AFORO DE JACA
 Superficie de la cuenca: 238 Km.². Serie utilizada, 1947-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m ²)	Déficit mm	D-P-Q hm ³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	139,7	72,52	-67,18	-15,99	0,52
Febrero	101,0	60,04	-40,96	-9,75	0,59
Marzo	109,2	98,82	-10,38	-2,47	0,90
Abril	116,2	133,91	17,71	4,22	1,15
Mayo	120,3	207,77	87,47	20,82	1,72
Junio	107,9	162,27	54,37	12,94	1,50
Julio	62,2	58,32	-3,88	-0,92	0,94
Agosto	73,3	29,79	-43,51	-10,36	0,40
Septiembre	120,3	40,13	-80,17	-19,08	0,33
Octubre	119,0	61,05	-57,95	-13,79	0,51
Noviembre	160,3	102,69	-57,61	-13,71	0,64
Diciembre	153,5	68,11	-85,39	-20,32	0,44
TOTAL ANUAL	1382,9	1095,42	-287,48	-68,42	0,80
Evapotranspiración Real (mm) = 447					

Tabla n.º 17
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
ARAGON S. HASTA EL AFORO DE JAVIERREGAY
 Superficie de la cuenca: 348 Km.². Serie utilizada: 1956-73

Meses	(P)	(Q)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m²)			
Enero	120,0	93,13	-26,87	-9,35	0,77
Febrero	108,4	99,74	-8,66	-3,01	0,92
Marzo	108,4	133,22	24,82	8,64	1,23
Abril	127,2	164,22	37,02	12,88	1,29
Mayo	123,0	197,96	74,96	26,09	1,61
Junio	118,6	135,17	16,57	5,77	1,14
Julio	53,5	49,83	-3,67	-1,28	0,93
Agosto	85,3	25,52	-59,78	-20,80	0,30
Septiembre	128,7	36,61	-92,09	-32,05	0,28
Octubre	138,8	73,76	-65,04	-22,63	0,53
Noviembre	177,8	112,61	-65,19	-22,69	0,63
Diciembre	156,1	89,34	-66,76	-23,23	0,57
TOTAL ANUAL	1445,8	1211,11	-234,69	-81,67	0,84
Evapotranspiración Real (mm) = 479					

Tabla n.º 18
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO VERAL HASTA EL AFORO DE ZURIZA
 Superficie de la cuenca: 47 Km.². Serie utilizada: 1951-72

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	142,5	121,10	-21,40	-1,01	0,84
Febrero	128,8	106,80	-22,00	-1,03	0,82
Marzo	128,6	178,90	50,30	2,36	1,39
Abril	151,3	202,80	51,50	2,42	1,34
Mayo	146,0	210,90	64,90	3,05	1,44
Junio	140,7	156,80	16,10	0,76	1,11
Julio	63,5	74,30	10,80	0,51	1,17
Agosto	101,3	36,00	-65,30	-3,07	0,35
Septiembre	152,8	53,80	-99,00	-4,65	0,35
Octubre	164,8	80,60	-84,20	-3,96	0,48
Noviembre	211,2	130,60	-80,60	-3,79	0,61
Diciembre	185,4	140,70	-44,70	-2,10	0,75
TOTAL ANUAL	1716,9	1493,30	-223,60	-10,51	0,87
Evapotranspiración Real (mm) = 428					

Tabla n.º 19
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO VERAL HASTA EL AFORO DE BINIES
 Superficie de la cuenca: 161 Km.². Serie utilizada: 1947-71

Meses	(P)		(Q)		Déficit D=P-Q mm	D-P-Q Hm ³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m ²)	Escorrentia (mm/m ²)	Déficit			
Enero	109,4	96,27	96,27	-13,13	-2,11	0,88	
Febrero	91,5	89,75	89,75	-8,75	-1,41	0,91	
Marzo	98,7	119,44	119,44	20,74	3,34	1,21	
Abril	115,8	117,76	117,76	1,96	0,32	1,02	
Mayo	111,8	114,60	114,60	2,80	0,45	1,02	
Junio	107,9	167,89	167,89	-40,01	-6,44	0,63	
Julio	48,7	19,81	19,81	-28,89	-4,65	0,41	
Agosto	77,6	17,64	17,64	-59,96	-9,65	0,23	
Septiembre	117,1	27,02	27,02	-90,08	-14,50	0,23	
Octubre	126,3	45,71	45,71	-80,59	-12,98	0,36	
Noviembre	161,9	80,68	80,68	-81,22	-13,08	0,50	
Diciembre	142,2	82,86	82,86	-59,34	-9,55	0,58	
TOTAL ANUAL	1315,9	879,40	879,40	-436,47	-70,27	0,67	
Evapotranspiración Real (mm) = 490							

Tabla n. 20
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO ESCORRENTIA.
 CA HASTA EL AFORO DE JACA
 Superficie de la cuenca: 506 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/mc ²)	Déficit mm	D=P-Q Hm ³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	102,5	91,90	-10,60	-5,36	0,90
Febrero	92,6	93,22	0,62	0,31	1,01
Marzo	92,8	98,74	5,94	3,01	1,06
Abril	108,7	77,85	-30,85	-15,61	0,72
Mayo	105,0	62,27	-42,73	-21,62	0,59
Junio	101,3	41,64	-59,66	-30,19	0,41
Julio	45,7	19,11	-26,59	-13,45	0,42
Agosto	72,6	17,11	-55,49	-28,08	0,24
Septiembre	109,9	15,87	-94,03	-47,58	0,14
Octubre	118,5	32,21	-86,29	-43,66	0,27
Noviembre	152,0	57,60	-94,40	-47,77	0,38
Diciembre	133,3	87,69	-45,61	-23,08	0,66
TOTAL ANUAL	1234,9	695,21	-539,69	-273,71	0,56
Evapotranspiración Real (mm) = 521					

Tabla n.º 21
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 ARAGON HASTA EL AFORO DE YESA**
 Superficie de la cuenca: 2.191 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P)		(Q)		Deficit $D=P-Q$ mm	Coeficiente de escorrentia. $C=Q/P$
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m²)	Deficit $D=P-Q$ mm	Deficit $D=P-Q$ mm		
Enero	110,3	71,00	-39,30	-86,11	0,64	
Febrero	84,7	69,46	-15,24	-33,39	0,82	
Marzo	91,4	87,89	-3,51	-7,69	0,96	
Abril	94,7	85,56	-9,14	-20,02	0,90	
Mayo	83,6	95,30	11,70	25,63	1,14	
Junio	91,4	67,71	-23,69	-51,90	0,74	
Julio	50,1	31,39	-18,71	-40,99	0,62	
Agosto	62,4	22,09	-40,31	-88,32	0,35	
Septiembre	91,4	21,96	-69,44	-152,14	0,24	
Octubre	100,3	40,19	-60,11	-131,70	0,40	
Noviembre	130,4	64,27	-66,13	-144,89	0,49	
Diciembre	123,7	62,85	-60,85	-133,32	0,50	
TOTAL ANUAL	1114,4	719,67	-394,73	-864,85	0,65	
Evapotranspiración Real (mm) = 509						

ra que hasta Jaca la cuenca del Aragón retiene en invierno el 21 % del total anual de precipitaciones, lo que explica el fuerte incremento de caudal en primavera. Por esa razón, los coeficientes de escorrentía son superiores a la unidad (1,72 en mayo). Conviene constatar aquí que el máximo anual se anticipa en un mes al de Canfranc por el mayor retraso de la fusión nival en esta última. Aun con todo, junio sigue siendo un mes bien provisto de caudal. En julio las precipitaciones han disminuido mucho (son las más bajas de todo el año) y ello reduce el caudal a 5,18 m³/sg., mayor de lo previsto por la existencia de una cierta reserva nival, lo que se manifiesta por el hecho de que el coeficiente de escorrentía es todavía elevado. Sin embargo, esa reserva se agota pronto, y aunque en agosto se recuperan ligeramente las precipitaciones, el caudal desciende hasta 2,65 m³/sg. (mínimo medio del año) y el coeficiente de escorrentía está en sólo 0,40. Gracias a un aumento notable de la lluvia en septiembre, el caudal se recupera algo, aunque el coeficiente de escorrentía desciende aún más; ello quiere decir que el déficit se eleva porque gran parte de la lluvia caída se dedica a restablecer la humedad edáfica. En octubre la recuperación parece clara, y con un nivel similar al de septiembre en cuanto a precipitaciones el déficit de escorrentía es menor. Por último, cabe aclarar que en Jaca los meses de menor caudal son los estivales, sensiblemente por debajo de los invernales, lo que marca una nueva diferencia con respecto al aforo de Canfranc.

Así, pues, el Aragón es en sus comienzos un río marcado claramente en su régimen por el proceso *retención/fusión nival* que, más tarde, a la altura de Jaca, se ve atenuado por una mayor influencia pluvial. Esta última va ganando terreno en adelante conforme recibe afluentes menos nivales, con cabeceras situadas a menor altitud.

El primero de ellos, el Subordán, presenta en Javierregay un régimen muy parecido al del Aragón en Jaca, sólo que con unas cifras de caudal más elevadas y con unas diferencias entre invierno y primavera más atenuadas, lo que demuestra una menor retención nival y una menor fusión primaveral. En noviembre se pronuncia un máximo secundario más destacado que en Jaca y el caudal de enero está muy próximo al de la media anual (12,10 m³/sg. y una aportación de 32,4 Hm³), que se ve superada en febrero. Las lluvias primaverales unidas a la fusión temprana de la nieve originan una clara elevación de caudales a partir de marzo, primer mes en el que no existe déficit de escorrentía y el coeficiente se sitúa por encima de la unidad. En abril y mayo se alcanzan los máximos de caudal medio anual (en mayo, 27,7 m³/sg. y 68,9 Hm³). En junio, aunque todavía con un caudal de 18,15 m³/sg. (y un balance positivo), disminuyen notablemente las reservas nivales, alcanzándose el mínimo en el mes de agosto con 3,31 m³/sg. (coeficiente de escorrentía de 0,30). En agosto y septiembre los balances hidrológicos presentan esquemas similares a los del río Aragón en Jaca, si bien en octubre el Subordán recupera más rápidamente su caudal (9,58 m³/sg.) por razones pluviométricas. En definitiva, el régimen del Aragón Subordán en Javierregay se define como nivopluvial con el típico máximo en mayo, seguido de abril y junio. La influencia nival, aunque impor-

tante, se va atenuando porque disminuye la capacidad de retención invernal (de noviembre a abril se acumula en forma de nieve el 16 % de la precipitación anual, es decir, 81,8 Hm³).

La influencia pluvial se deja sentir más intensamente en el río Veral, más al Oeste, con un peso cada vez menor de la nieve debido a la mayor proximidad oceánica y a la menor proporción de áreas altitudinales elevadas en la cabecera. En Biniés, diciembre es tan elevado como noviembre, por encima de la media anual, y el aumento de caudal se sigue hasta abril, fecha del máximo (7,31 m³/sg. y 18,96 Hm³). En el mes de enero el déficit se reduce al mínimo, y la escorrentía se equipara casi a las precipitaciones. Ello confirma la importancia de las lluvias invernales, de origen oceánico, buena parte de las cuales escurren de forma casi inmediata hacia el río. El máximo de abril adelanta aún más la fecha de mayor fusión, dado que la reserva de nieve es aquí más limitada, pero también porque las temperaturas primaverales son aquí más suaves que hacia el Este. En mayo el caudal se mantiene todavía a buen nivel (6,89 m³/sg. y 18,45 Hm³), sin que exista déficit de escorrentía. En junio, sin embargo, el caudal se sitúa por debajo de la media anual, con un coeficiente de escorrentía bajo (0,63), lo que demuestra la pronta reducción de las reservas nivales, que inicialmente ya no eran elevadas. Este fenómeno provoca la aparición de estiajes mucho más profundos aquí que en Canfranc o Jaca, pues en agosto apenas se alcanza la quinta parte del caudal medio anual. El déficit de escorrentía se hace todavía más intenso en septiembre, momento en que las precipitaciones han dado un salto positivo considerable sin que el caudal se recupere en la misma medida. Como tendremos ocasión de confirmar más adelante, *en ambientes oceánicos los estiajes adquieren mayor importancia que en el Pirineo Central, donde la nieve desempeña un papel más importante*. En el río Veral la reserva invernal de nieve alcanza sólo al 13 % del total de precipitaciones caídas en la cuenca.

A pesar de todo, en un corto tramo de cabecera el río Veral cuenta todavía con una notable influencia nival. Y así, la estación de Zuriza tiene su máximo en mayo (y no en abril como Biniés), junio aún tiene un caudal por encima de la media y el estiaje es menos profundo. De todas formas, en su régimen se aprecia también la importancia directa de las lluvias invernales. En Zuriza el Veral podría definirse como un río nivo-pluvial, que en Biniés presentaría un esquema un esquema marcadamente pluvio-nival.

Todo lo señalado para el río Veral en Biniés es válido para el Esca en Sigüés, aunque aquí de manera mucho más definida. Tras la fuerte sequía estival, comparable a la del río Veral (en septiembre, 3,10 m³/sg. y una aportación de 8,03 Hm³) se inicia la recuperación, muy rápida, provocada por las lluvias de octubre y sobre todo de noviembre. Los máximos caudales se alcanzan de diciembre a abril, con pocas diferencias entre sí y un pequeño máximo en febrero. Resulta interesante comprobar que precisamente en febrero y marzo se produce un mínimo secundario de lluvias, a pesar de lo cual el río alcanza su máximo de caudal. Este fenómeno va ligado a la saturación del suelo en agua por las abundantes lluvias de noviembre y diciembre y seguramente también porque durante estos dos meses, especial-

mente en marzo, debe producirse la fusión nival en cabecera, muy temprana y rápida¹². Prueba de ello es que el caudal supera, siquiera sea por poco, al volumen de precipitaciones. A partir de abril se inicia el retroceso, no muy acentuado por el recrudecimiento de las precipitaciones en mayo y junio. Este último mes señala el comienzo del estiaje, con un déficit muy elevado. En definitiva, en el Esca, mejor que en ningún otro río incluido en nuestro estudio, inciden en gran medida las influencias oceánicas, con abundantes precipitaciones de octubre a junio que tienen su pronta repercusión en la escorrentía. Por otra parte, el caudal primaveral queda claramente disminuido frente al invernal, lo que de nuevo contrasta con la cabecera del Aragón en Jaca y con el Subordán en Javierregay. El régimen del Esca puede definirse, pues, como pluvial oceánico con ligero matiz nival en la primera mitad de la primavera. No en vano su cuenca sólo retiene en forma de nieve un 5 % de sus precipitaciones anuales, lo que reduce al mínimo el posible papel de la nieve.

A las diferencias de régimen existentes entre los afluentes de la margen derecha —en unos casos más nivales y en otros más pluviales oceánicos— hay que añadir las menores influencias ejercidas por los pequeños afluentes prepirenaicos del Aragón. Todos ellos, con escaso caudal, están sometidos a pulsaciones pluviales de tendencia más mediterránea, con incrementos de caudal a mediados y finales de otoño y en primavera. Todos estos barrancos presentan también notable interés en momentos episódicos durante el verano, en que los macizos de Oroel y San Juan de la Peña y la sierra de Urriés soportan violentas —aunque no muy frecuentes— tormentas con las que contribuyen a aumentar la aportación del río Aragón, sobre todo en agosto¹³.

Como resultado de las sucesivas incorporaciones, el río Aragón transforma su régimen desde Jaca hasta Yesa, con diferencias más moderadas entre máximos y mínimos. De la curva evolutiva de caudal en Yesa podemos extraer las siguientes conclusiones:

— Después de la sequía estival se produce una rápida recuperación, alcanzándose un máximo secundario —poco pronunciado— en noviembre. No obstante, a pesar de que desde septiembre a diciembre cae el mayor volumen de precipitaciones, hay un gran déficit de escorrentía provocado por la recuperación de las reservas hídricas del suelo.

— A partir de noviembre la aportación se va incrementando muy lentamente, compensando la retención nival de la parte oriental de su cuenca

¹² Recuérdese que el río Esca cuenta tan sólo con un 0,78 % de su cuenca por encima de 2.000 m. de altitud, lo que repercute en el papel desempeñado por la nieve.

¹³ La aportación media del Aragón en Yesa durante el mes de agosto es de 48,3 Hm³, mientras que la suma de las aportaciones en ese mismo mes de Jaca (7,09 Hm³), Javierregay (8,88 Hm³), Biniés (2,84 Hm³) y Sigüés (8,66 Hm³) es de 27,47 Hm³. Si descontamos la escasa aportación del Lubierre y Estarrún y de otros cursos menores, la diferencia tiene que proceder de los afluentes prepirenaicos, lo que sólo puede explicarse por un recrudecimiento de la actividad tormentosa. Por otra parte, los meses de verano poseen en Yesa un coeficiente de variación moderado, excepto en agosto, sin duda debido a la aleatoriedad interanual con que aparecen esas tormentas.

con la escorrentía invernal de la parte occidental. Conviene señalar que desde noviembre el caudal se encuentra por encima de la media anual.

— Las lluvias primaverales que afectan a toda la cuenca junto con el inicio de la fusión nival hacen que se alcancen los máximos en marzo, abril y sobre todo en mayo, fecha esta última que indica el mantenimiento de una clara influencia nival, ya mucho más atenuada en Yesa por el papel que juega la escorrentía inmediata. Para comprender este fenómeno basta considerar que la cuenca del río Aragón en Yesa crea una reserva invernal en forma de nieve equivalente al 9 % de las precipitaciones anuales, cifra notablemente baja en relación a la reserva creada a la altura de Jaca o de Javierregay. En mayo la aportación alcanza los 208,81 Hm³ (casi la mitad de la capacidad de almacenamiento del embalse de Yesa), y entre los tres meses de mayor caudal (marzo, abril y mayo) el río Aragón arrastra algo más del 37 % de su aportación anual. En este período el coeficiente de escorrentía está muy próximo a la unidad y en mayo se supera. No obstante, conviene insistir en que en ello inciden tanto precipitaciones como fusión. El fenómeno parece repetirse anualmente, por cuanto —como veremos más adelante— los coeficientes de variación de abril y mayo son los más bajos del año.

— En junio el caudal se mantiene por encima de la media anual, resultado de la citada influencia nival (recuérdese que en el Veral y en el Esca junio ya estaba por debajo de la media, sobre todo este último). Y en julio se sitúa poco por encima de la mitad de la media (25,7 m³/sg. y 68,78 Hm³), claramente destacado con respecto a sus afluentes oceánicos, que agotan pronto sus reservas de nieve. El mínimo se alcanza en agosto, con 18,07 m³/sg. de media y una aportación de 48,39 Hm³, mientras que el coeficiente de escorrentía más bajo corresponde a septiembre.

En definitiva, puede decirse que, sin llegar a clasificarse como un río de régimen complejo, el río Aragón en Yesa se halla matizado por influencias de distinto signo que han transformado su régimen inicial. La curva anual de evolución de caudal permite definir al Aragón en Yesa como un río de transición entre el régimen nivo-pluvial y el pluvio-nival.

Por último, a nivel mensual se ha efectuado la clasificación de caudales en términos de probabilidad de cada una de las cuencas, a condición de que tuvieran una serie superior a 20 años, lo que descarta al aforo de Javierregay. Los resultados aparecen ordenados por aforos y su consulta ofrece datos de gran interés acerca de la probabilidad de que se alcancen determinados caudales, dando así una idea aproximada de la cantidad de agua que puede bajar por los ríos en cualquier época del año. La probabilidad se ha calculado para los niveles 10, 25, 50, 75, 95 y 99 por ciento.

En el caso del Aragón en Yesa interesa destacar cómo para un nivel de probabilidad del 10 % marzo supera a mayo seguramente por la importancia de las precipitaciones atlánticas en determinados años; asimismo, noviembre cobra una importancia extraordinaria que en los datos medios sólo es incipiente. Sin embargo, este mismo mes de noviembre queda completamente diluido a nivel del 95 % de probabilidades e incluso en el 50 y 75 %. Sin duda, noviembre, que presenta incrementos notables de caudal

Tabla n.º 22
**PROBABILIDADES DE ALCANZAR LAS APORTACIONES (HM.ª)
 MENSUALES Y ANUALES QUE SE INDICAN**
 Estación de aforo: YESA Río: ARAGON

Probabilidad	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
10%	180,1	298,8	260,9	279,4	247,1	320,3	285,9	313,5	234,2	111,5	95,91	81,99	2148,32
25%	105,7	178,2	182,8	205,7	197,6	242,5	232,6	259,8	183,3	90,58	57,16	62,30	1877,30
50%	60,46	100,4	117,2	139,2	146,7	174,7	180,1	204,0	137,7	67,90	34,10	44,14	1576,85
75%	35,61	56,60	70,11	87,65	100,7	123,0	134,2	152,5	101,7	45,97	21,38	29,60	1276,40
95%	17,40	24,78	28,09	36,85	44,61	70,77	79,97	86,89	63,42	16,34	11,70	14,43	843,55
99%	10,83	13,89	12,20	15,62	14,78	46,13	50,27	48,12	44,25	0,00	7,95	7,42	539,98
Transformación	-.1	log	,3	.4	.7	.2	.5	.7	.2	.9	loglog	.4	1.0
Asimetría original	2,144	1,132	0,947	0,575	0,446	0,776	0,485	0,361	1,140	0,166	2,206	0,575	-0,123
Asimetría final	0,003	-0,018	0,018	-0,035	-0,015	-0,031	-0,042	-0,037	-0,027	0,046	0,024	0,037	-0,123
x 1	0,006	-0,043	0,043	-0,082	-0,085	-0,074	-0,099	-0,088	-0,064	0,108	0,058	0,088	-0,291
x ²	0,0001	1,686	0,640	0,749	0,102	0,099	0,010	0,347	1,371	0,256	0,477	0,709	0,775

por el recrudecimiento otoñal de la actividad frontal, tiene también una marcada tendencia hacia la sequía, en años en los que dicha actividad sea menos importante, prolongándose así en cierto modo las aguas bajas de verano. Conviene resaltar que a nivel del 50 % de probabilidades todos los meses se encuentran por debajo de la aportación media, y sólo abril, mayo y junio se acercan a esta última. Dicho fenómeno tiene lugar en todos los aforos.

3.4.2. Cuenca del río Gállego

La distribución de las estaciones de aforo en el Gállego no permite realizar un análisis complejo de las diferentes influencias que señalan en el régimen los afluentes que sucesivamente van incorporándose al río principal. De todas formas, por la disposición de la red, no se da aquí un fenómeno parecido al de la cuenca del Aragón, pudiendo distinguirse dos sectores netamente diferenciados: la cabecera, cuyo límite puede establecerse en Sabiñánigo, y el curso medio, hasta Santa Eulalia-Ardisa.

Dos son las características físicas con incidencia importante en la distribución mensual de los caudales:

— La notable proporción de relieves situados por encima de los 2.000 m. de altitud, lo que favorece la existencia de una importante retención nival.

— La posición de la cuenca en el Pirineo Central, algo alejada de las influencias oceánicas que aún matizan el régimen del valle del Aragón, y de las influencias mediterráneo-continetales y progresivamente más mediterráneas de las cuencas situadas hacia el Este.

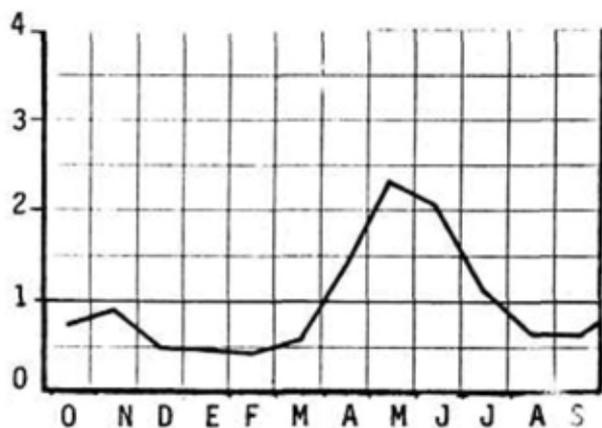
En Búbal —insistimos en que conviene tener presente la brevedad de la serie— se aprecia una clara influencia nival, incluso algo superior a la del río Aragón en Jaca. A estas alturas el Gállego ha recibido ya las aguas del macizo de Panticosa, de las sierras de Piedrafita y de gran parte de Telera y Tendeñera. Por ello, tras la subida de caudal que tiene lugar en otoño (algo menos intensa que en la cabecera del Aragón), con un máximo secundario en noviembre (10,49 m³/sg. y 28,11 Hm³), las aguas aportadas disminuyen bruscamente en diciembre (6,95 m³/sg. y 18,61 Hm³), para continuar con aguas bajas hasta el mes de marzo inclusive. Coincide con el momento en que se está acumulando la reserva nival en cabecera. De hecho, en los balances hidrológicos mensuales puede comprobarse que el déficit de escorrentía se incrementa a partir de noviembre, momento en que la lluvia cae ya en forma de nieve en las partes altas de la cuenca y que alcanza su máximo en enero y febrero. El coeficiente de escorrentía durante la estación fría se mantiene a niveles muy bajos, inferiores a los que cabría esperar en una cuenca donde las precipitaciones son abundantes y las pendientes muy fuertes. Téngase en cuenta, además, que desde noviembre a marzo es cuando se alcanzan los máximos de precipitaciones en la cuenca del Gállego, lo que insiste de nuevo en la importancia de la retención nival. Esta, evaluada en 169,4 Hm³, representa el 32 % del total anual de precipitaciones,

Tabla n.º 23

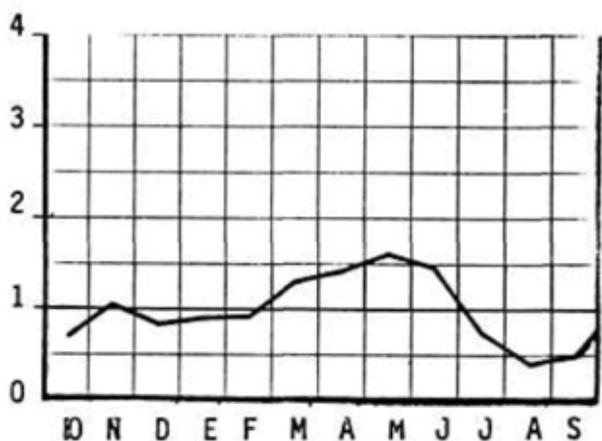
APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO GALLEGO

Estaciones	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
BUBAL	m^3/sg	10,50	12,48	6,95	6,74	6,40	19,43	33,22	29,17	16,12	9,15	8,55	13,91
	Hm^3	28,11	32,34	18,61	18,06	15,49	50,36	88,99	75,62	43,18	24,52	22,17	438,71
	$l/sq/Km^2$	36,21	43,03	23,96	23,24	22,07	67,00	114,55	100,59	55,59	31,55	29,48	47,97
ANZANIGO	m^3/sg	19,30	29,47	23,72	25,21	25,87	36,91	44,79	41,04	20,45	11,23	14,00	27,61
	Hm^3	51,70	76,39	63,53	67,54	62,58	98,85	102,74	119,96	106,37	54,76	30,09	870,82
	$l/sq/Km^2$	13,88	21,19	17,05	18,13	18,60	26,53	28,49	32,20	29,50	14,70	8,08	19,85
SANTA EULALIA	m^3/sg	20,15	32,17	25,80	31,57	31,39	41,72	43,55	48,17	42,40	21,35	14,11	30,70
	Hm^3	53,96	83,37	69,09	84,56	75,96	111,74	112,87	129,01	109,90	57,18	37,80	968,06
	$l/sq/Km^2$	10,60	16,92	13,57	16,61	16,51	21,95	22,91	25,34	22,30	11,23	7,42	16,15
ARDISA	m^3/sg	28,89	49,54	31,16	40,09	36,37	46,63	53,10	50,97	42,17	24,53	18,07	36,60
	Hm^3	77,37	128,41	83,47	107,38	88,00	124,91	137,62	136,51	109,31	65,71	48,40	1154,08
	$l/sq/Km^2$	14,16	24,28	15,28	19,65	17,83	22,86	26,03	24,98	20,67	12,03	8,86	17,94

REGIMENES FLUVIALES



Aforo: BUBAL
 Rio: GALLEGO
 Módulo (m³/sg): 13,91



Aforo: ANZANIGO
 Rio: GALLEGO
 Módulo (m³/sg): 27,614

Fig. n.º 16

REGIMENES FLUVIALES

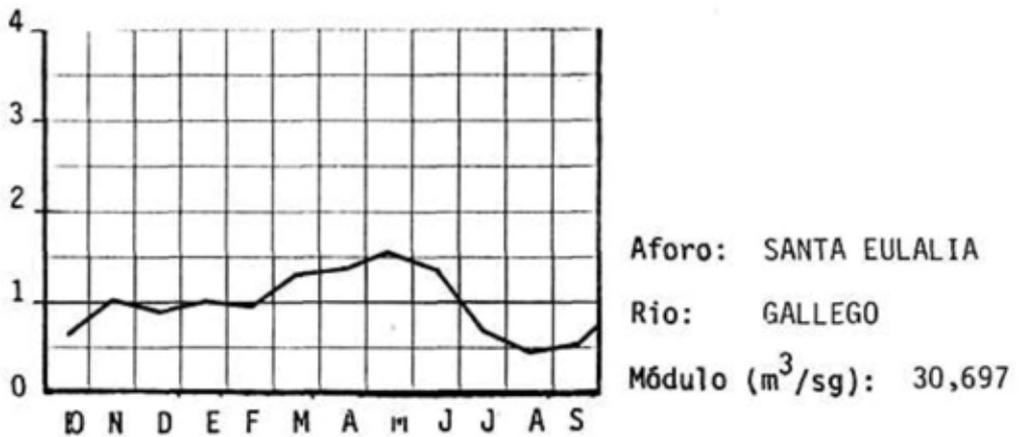
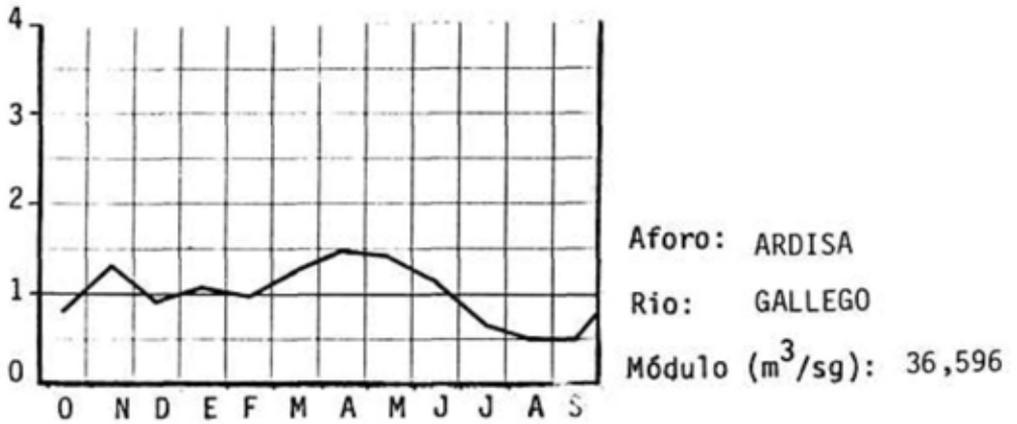


Fig. n.º 17

Tabla n.º 24
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO GALLEGO HASTA EL AFORO DE BUBAL
 Superficie de la cuenca: 290 Km.². Serie utilizada: 1970-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	177,1	62,28	-114,82	-33,30	0,35
Febrero	162,2	53,41	-108,79	-31,55	0,33
Marzo	164,1	73,24	-90,86	-26,35	0,44
Abril	134,6	173,66	39,06	11,33	1,29
Mayo	149,3	306,86	157,56	45,69	2,05
Junio	136,4	260,76	124,36	36,06	1,91
Julio	84,8	148,90	64,10	18,59	1,75
Agosto	101,4	84,55	-16,85	-4,89	0,83
Septiembre	154,9	76,45	-78,45	-22,75	0,49
Octubre	153,1	96,93	-56,17	-16,29	0,63
Noviembre	208,3	111,52	-96,78	-28,07	0,53
Diciembre	217,6	64,17	-153,43	-44,49	0,29
TOTAL ANUAL	1843,8	1512,73	-331,07	-96,01	0,82
Evapotranspiración Real (mm) = 394					

Tabla n.º 25
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO GA-
 LLEGO HASTA EL AFORO DE ANZANIGO
 Superficie de la cuenca: 1.391 Km.². Serie utilizada: 1949-73

Meses	(P)		(Q)		D=P-Q Hm ³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m ²)	Déficit mm	Escorrentia (mm/m ²)		
Enero	104,0	48,55	-55,45	-77,13	0,47	
Febrero	93,7	44,99	-48,71	-67,76	0,48	
Marzo	106,4	71,06	-35,34	-49,16	0,67	
Abril	93,7	73,86	-19,84	-27,60	0,79	
Mayo	103,0	86,24	-16,76	-23,31	0,83	
Junio	94,9	76,47	-18,43	-25,64	0,80	
Julio	50,0	39,37	-10,63	-14,79	0,78	
Agosto	69,4	21,63	-47,77	-66,45	0,31	
Septiembre	105,3	26,09	-79,21	-110,18	0,25	
Octubre	98,3	37,17	-61,13	-85,03	0,38	
Noviembre	118,0	54,91	-63,09	-87,76	0,46	
Diciembre	120,3	45,67	-74,63	-103,81	0,38	
TOTAL ANUAL	1157,0	626,01	-530,99	-738,61	0,54	
Evapotranspiración Real (mm) =	494					

Tabla n.º 26
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO GALLEGO HASTA EL AFORO DE SANTA EULALIA
 Superficie de la cuenca: 1.901 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P)		(Q)		Deficit D=P-Q Hm ³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m ²)	Deficit mm	Escorrentia (mm/m ²)		
Enero	88,6	44,48	-44,12	-83,87	0,50	
Febrero	79,8	39,96	-39,84	-75,74	0,50	
Marzo	90,6	58,78	-31,82	-60,49	0,65	
Abril	79,8	59,37	-20,43	-38,84	0,74	
Mayo	87,6	67,86	-19,74	-37,53	0,77	
Junio	80,8	57,81	-22,99	-43,70	0,71	
Julio	42,4	30,08	-12,32	-23,42	0,71	
Agosto	59,2	19,88	-39,32	-74,75	0,33	
Septiembre	89,6	22,40	-67,20	-127,75	0,25	
Octubre	83,7	28,39	-55,31	-105,14	0,34	
Noviembre	100,5	43,86	-56,64	-107,67	0,43	
Diciembre	102,4	36,43	-66,06	-125,58	0,35	
TOTAL ANUAL	985,0	509,21	-475,79	-904,48	0,52	
Evapotranspiración Real (mm) = 506						

proporción similar a la que veremos en la cabecera del río Ara y superior al resto de las estaciones de aforo oscenses.

La fusión comienza en abril (19,43 m³/sg. y 50,36 Hm³), para alcanzar su máximo en mayo (33,22 m³/sg. y 88,99 Hm³) y algo menos en junio, pero todavía con caudales muy considerables. Abril no es todavía un mes muy destacado porque —aunque la fusión ya se ha iniciado por debajo de 2.000 m. de altitud— lo cierto es que las precipitaciones primaverales aún caen en forma de nieve en las cumbres. Ello permite incrementar más la reserva de nieve, que se suelta esencialmente en mayo y junio, es decir, más tardíamente que en los valles occidentales del Pirineo oscense. En estos dos meses el caudal del Gállego es superior al doble de la media anual, lo que contrasta paradójicamente con el hecho de que aquí la primavera no es un período de grandes precipitaciones. De abril a julio, como consecuencia de la fusión, discurre por el Gállego más agua que la precipitada, por lo que el balance es positivo. En el mismo julio el caudal es superior al medio anual, mientras que en la cuenca del Aragón ya se está en pleno estiaje. Por otra parte, el estiaje de agosto y septiembre es muy moderado, pues todavía se mantienen importantes heleros e incluso reducidos glaciares en las umbrías situadas por encima de 2.500 m. Este fenómeno aún tiene otra explicación en la equilibrada proporción que guardan los diferentes tipos de rocas en la cabecera del Gállego. Tanto las calizas como el granito crean una importante reserva de cara al verano.

El régimen del Gállego en Búbal, que puede definirse como nival de transición, deja una clara impronta en las estaciones de aforo situadas aguas abajo en el mismo río, sólo que matizadas por el mayor peso de las precipitaciones líquidas. Tanto el aforo de Anzánigo como el de Santa Eulalia se caracterizan por una menor retención nival, pues los caudales de enero y febrero se encuentran en torno a la cifra de caudal medio anual. Conviene recordar que los afluentes con notable influencia nival desaparecen a partir de Biescas, lo que paulatinamente reduce la importancia del proceso retención/fusión nival. A la altura de Anzánigo la retención nival de la cuenca del Gállego representa ya sólo el 14 % de las precipitaciones totales y en Santa Eulalia el 12 %. Asimismo, se ha transformado algo el régimen de lluvias, pues existe un notable equilibrio desde septiembre hasta junio, sin que destaquen tan netamente los meses invernales; el verano, por el contrario, acentúa sus mínimos, sobre todo en julio. Ningún mes presenta superávit en el balance hidrológico, si bien el déficit tiende a disminuir durante los meses primaverales por influencia del régimen de cabecera. En Anzánigo el Gállego tiene su máximo en mayo (44,8 m³/sg. y 119,9 Hm³) y a continuación, muy igualados, junio y abril, lo que define a un régimen nivo-pluvial con tendencia a nival de transición; tendencia que desaparece en Santa Eulalia, donde abril (112,8 Hm³) supera ya a junio (109,9 Hm³), mientras mayo sigue dando las mayores aportaciones (129 Hm³). En Santa Eulalia, pues, las precipitaciones caídas en el sector prepirenaico y en el tramo correspondiente a la depresión del Ebro confirman plenamente la aparición de un régimen pluvio-nival. El estiaje, a partir de julio, alcanza su máxima intensidad en agosto. Las diferencias existentes entre la distri-

bución anual de caudal con respeto a Búbal se explican porque por esta última estación pasa aproximadamente la mitad de caudal que por Anzánigo.

El análisis de frecuencias de los caudales mensuales muestra que, para una probabilidad del 10 %, mayo es el mes más destacado, seguido por marzo, a la vez que se anuncia el pico de octubre. El mismo mes de mayo aparece destacado, junto con junio a nivel del 95 % de probabilidades, lo que demuestra que en todo caso el final de la primavera coincide con un alza de caudales. Por su parte, en ese mismo nivel, todos los meses invernales superan a noviembre, mes que puede presentar elevados caudales, pero que se ve normalmente superado por las aguas de invierno.

3.4.3. Cuenca del río Cinca

El río Cinca permite estudiar las diferentes influencias que se suceden desde la cabecera, donde aparecen esquemas sencillos, hasta la desembocadura en Fraga, por donde el régimen adquiere una notable complejidad. El Cinca es así un río que participa de las características hidrológicas del sector más elevado del Pirineo central, de la media montaña prepirenaica y de los llanos de la depresión del Ebro. En el presente apartado no analizamos la totalidad de la cuenca del Cinca, pues preferimos tratar por separado al Esera y a los afluentes prepirenaicos. Posteriormente abriremos un pequeño epígrafe para estudiar el régimen del Cinca en Fraga, como síntesis de todas las influencias anteriores.

La cuenca del Cinca dispone de dos estaciones situadas en la cabecera, una en el río Ara (Torla) y otra en el Cinqueta (Molino de Gistaín). La primera ha recogido ya las aguas del valle de Bujaruelo y del río Arazas (vertiente meridional del Macizo de Monte Perdido-Marboré. Como en casi todos los afluentes, noviembre representa un importante incremento con respecto a los caudales de verano, con 8,35 m³/sg. y 26,63 Hm³. Téngase en cuenta que las precipitaciones, que alcanzan su mínimo en julio, van recuperándose progresivamente hasta hacer de noviembre el segundo mes en volumen total de lluvias. Estas precipitaciones alcanzan su máximo en diciembre y se mantienen en cifras similares hasta el mes de mayo, en que se inicia un retroceso. Sin embargo, el esquema hidrológico sigue por derroteros distintos. En diciembre el caudal baja a casi una tercera parte de la media anual (3,10 m³/sg. y 8,31 Hm³), continuando con aportaciones parecidas hasta el mes de marzo inclusive. La acumulación de nieve por encima de 1.600 m. de altitud es responsable directo de este proceso, lo que origina la aparición de importantes déficits y bajísimos coeficientes de escorrentía (0,20 en diciembre, 0,18 en febrero). El déficit es, sin embargo, mínimo en abril, mes en el que el coeficiente de escorrentía puede considerarse normal. En abril el caudal (10,3 m³/sg. y 26,6 Hm³) rebasa ya la media anual y se anuncian los altos volúmenes primaverales, con el comienzo de la fusión nival en las solanas situadas entre 1.600 y 1.800 m. En mayo el caudal es ya superior al doble de la media anual, con 19,3 m³/sg. y 51,64 Hm³, alcanzándose el máximo en junio, un mes más tarde que en los valles occi-

Tabla n.º 27

APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO ARA

Estaciones	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL	
TORLA	m ³ /sg	4,80	8,35	3,10	3,18	2,62	3,71	10,27	19,28	22,61	12,49	5,49	6,34	8,53
	Hm ³	12,84	21,63	8,31	8,52	6,34	9,95	26,63	51,64	58,61	33,46	14,69	16,43	269,08
	l/sg/Km ²	26,64	46,36	17,24	17,68	14,56	20,63	57,07	107,12	125,61	69,41	30,48	35,21	47,40
FISCAL	m ³ /sg	6,51	16,14	6,76	10,25	8,63	12,52	24,43	29,24	28,51	15,06	6,74	7,67	14,37
	Hm ³	17,44	41,38	18,12	27,44	20,88	33,52	63,33	78,32	73,91	40,35	18,04	19,89	453,09
	L/sg/Km ²	15,22	37,97	15,92	24,11	20,31	29,45	57,49	68,80	67,09	35,44	15,85	18,05	33,81
JANOVAS	m ³ /sg	10,25	37,35	10,78	13,21	11,42	19,40	31,92	37,03	34,41	19,63	8,10	8,30	20,14
	Hm ³	27,45	96,82	28,87	35,39	27,65	51,96	82,73	99,17	89,20	52,59	21,69	21,52	635,07
	L/sg/Km ²	17,82	64,97	18,75	22,98	19,86	33,74	55,51	64,39	59,85	34,14	14,08	14,44	35,02
BOLTARA	m ³ /sg	21,60	33,48	16,32	18,33	16,28	21,66	28,52	31,63	33,47	15,65	9,74	12,83	21,61
	Hm ³	57,84	86,77	43,71	49,09	39,39	58,01	73,94	84,71	86,76	41,92	26,09	33,27	681,52
	L/sg/Km ²	34,50	53,48	26,07	29,28	26,01	34,60	45,57	50,52	53,47	25,00	15,56	20,50	34,52

Tabla n.º 28

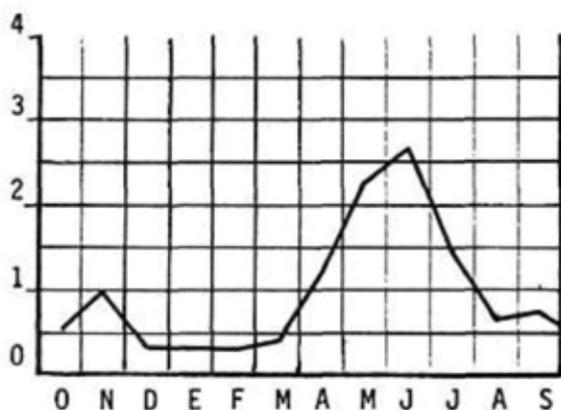
APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO CINCA

Estaciones	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	ANUAL
MOLINO DE GISTAIN	2,55	3,53	1,74	1,34	1,16	1,61	4,39	9,32	11,03	5,79	2,92	3,29	4,07
m^3/sg													
$Hm^3/$	6,84	9,15	4,67	3,59	2,82	4,30	11,39	24,95	28,59	15,52	7,81	8,53	128,19
$L/sg/Km^2$	25,55	35,31	17,43	13,39	11,65	16,06	43,93	93,16	110,32	57,94	29,18	32,90	40,65
LAFORTUNADA	14,35	22,35	10,89	9,14	8,69	9,83	18,19	34,15	32,97	23,03	13,17	13,56	17,55
m^3/sg													
$Hm^3/$	38,44	57,93	29,16	24,49	21,03	26,33	47,14	91,47	85,45	61,69	35,27	35,15	553,57
$L/sg/Km^2$	31,61	49,23	23,98	20,14	19,15	21,65	40,06	75,22	72,62	50,73	29,01	29,87	38,66
AINSA	36,47	42,40	22,45	23,24	21,01	26,81	35,45	53,12	58,07	29,55	21,17	27,15	33,09
m^3/sg													
$Hm^3/$	97,67	109,90	60,12	62,24	50,83	71,80	91,87	142,66	150,51	79,16	56,70	70,36	1043,46
$L/sg/Km^2$	43,67	50,78	26,88	27,83	25,16	32,10	42,54	63,61	69,54	35,39	25,35	32,51	39,67
EL GRADO	51,19	63,40	42,43	41,33	39,37	60,27	67,15	89,38	92,24	42,20	30,30	41,01	55,04
m^3/sg													
$Km^3/$	137,37	164,33	113,65	110,71	95,25	161,43	174,05	239,41	239,09	113,04	81,15	106,29	1735,79
$L/sg/Km^2$	24,11	29,81	19,95	19,43	18,51	28,34	31,57	42,02	43,47	19,84	14,24	19,28	25,88
Evap. (Hm^3) (*)	2,12	1,15	0,50	0,50	0,64	2,86	3,53	4,39	5,15	6,29	5,87	4,80	37,76
FRAGA (**)	84,22	87,02	72,52	70,64	70,52	110,70	96,13	107,75	135,53	46,22	32,59	43,31	79,68
m^3/sg													
$Hm^3/$	225,58	225,55	194,23	189,20	170,61	296,50	248,18	288,60	351,29	123,80	87,30	112,26	2524,10
(1947 a 1965)	8,76	9,05	7,54	7,35	7,34	11,52	10,00	11,21	14,10	4,81	3,39	4,51	8,29
$L/sg/Km^2$													
FRAGA (**)	78,97	131,93	82,75	97,73	83,77	135,36	124,35	132,29	148,20	83,40	58,42	90,59	103,83
m^3/sg													
$Hm^3/$	211,52	341,97	221,64	261,76	202,65	361,93	322,32	354,33	384,14	223,37	156,48	234,80	3276,92
(1966 a 1973)	8,22	13,73	8,61	10,17	8,71	14,06	12,94	13,76	15,42	8,68	6,08	9,42	10,80
$L/sg/Km^2$													

(*) Evaporación estimada en los embalses de Mediano y El Grado, a deducir de las aportaciones.

(**) Datos sin naturalizar. Series separadas por la fecha de puesta en funcionamiento del embalse de El Grado.

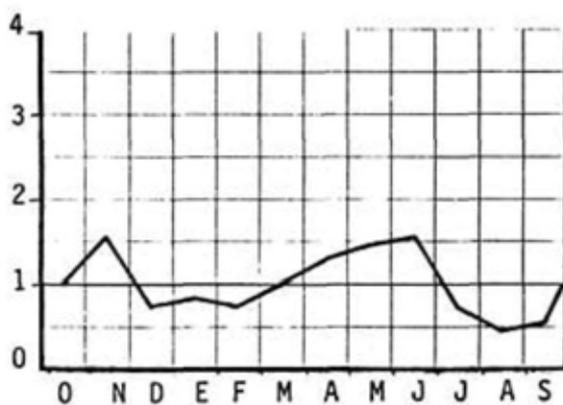
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: TORLA

Rio: ARA (CINCA)

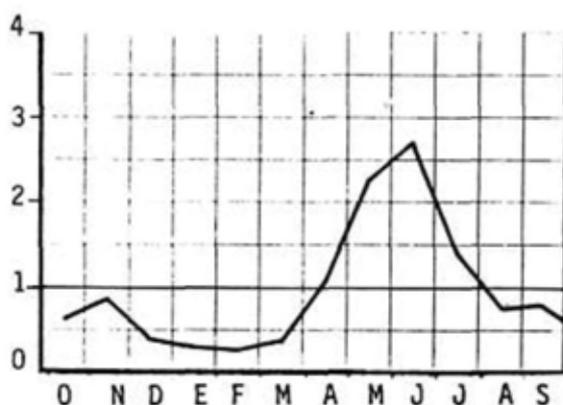
Módulo (m³/sg): 8,532



Aforo: BOLTAÑA

Rio: ARA (CINCA)

Módulo (m³/sg): 21,611



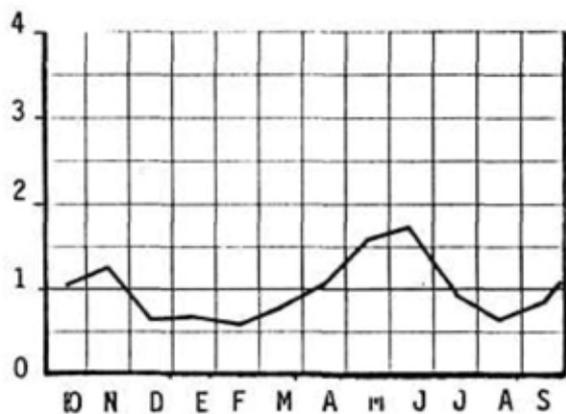
Aforo: MOLINO DE GISTAIN

Rio: CINQUETA (CINCA)

Módulo (m³/sg): 4,065

Fig. n.º 18

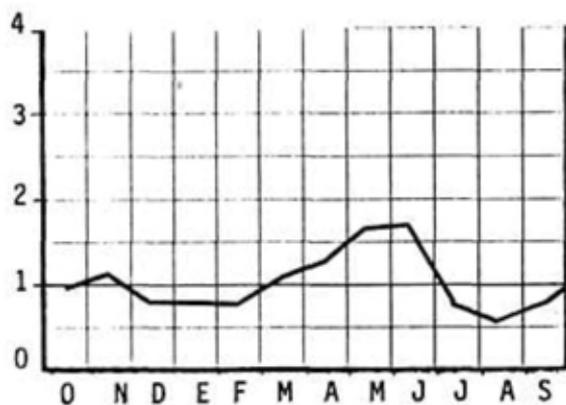
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: AINSA

Rio: CINCA

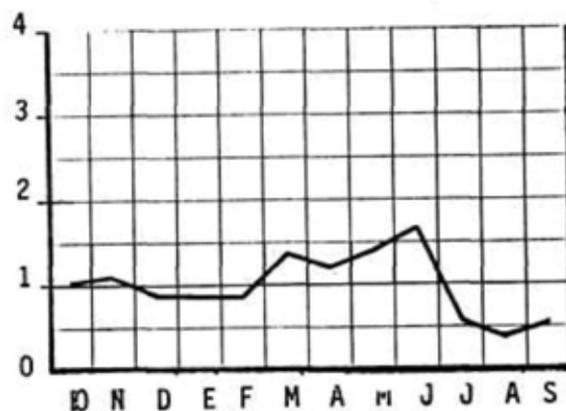
Módulo (m^3/sg): 33,088



Aforo: EL GRADO

Rio: CINCA

Módulo (m^3/sg): 55,04



Aforo: FRAGA (1947-1965)

Rio: CINCA

Módulo (m^3/sg): 79,68

Fig. n.º 19

Tabla n.º 29
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 ARA HASTA EL AFORO DE TORLA**
 Superficie de la cuenca: 180 Km.². Serie utilizada: 1967-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m ²)	Déficit mm	D=P-Q Hm ³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	197,6	47,33	-150,27	-27,05	0,24
Febrero	193,4	35,22	-158,18	-28,47	0,18
Marzo	199,7	55,28	-144,42	-25,99	0,27
Abril	201,9	147,94	-53,96	-9,71	0,73
Mayo	155,1	286,89	131,79	23,72	1,85
Junio	159,4	325,61	166,21	29,92	2,04
Julio	91,4	185,89	94,49	17,01	2,03
Agosto	116,9	81,61	-35,29	-6,35	0,69
Septiembre	165,7	91,28	-74,42	-13,40	0,55
Octubre	195,5	71,33	-124,17	-22,35	0,36
Noviembre	218,9	120,17	-98,73	-17,77	0,54
Diciembre	229,5	46,17	-183,33	-33,00	0,20
TOTAL ANUAL	2125,0	1494,72	-630,28	-113,45	0,70
Evapotranspiración Real (mm) = 370					

Tabla n.º 30
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 ARA HASTA EL AFORO DE BOLTAÑA**
 Superficie de la cuenca: 626 Km.². Serie utilizada: 1959-73

Meses	(P)		(Q)		Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm	
Enero	138,4	78,42	-59,98	-37,55	0,56
Febrero	141,8	62,92	-78,88	-49,38	0,44
Marzo	165,8	92,67	-73,13	-45,78	0,56
Abril	147,0	118,12	-28,88	-18,08	0,80
Mayo	131,6	135,32	3,72	2,33	1,02
Junio	141,8	138,59	3,21	2,01	0,97
Julio	75,2	66,96	-8,24	-5,16	0,89
Agosto	106,0	41,68	-64,32	-40,26	0,39
Septiembre	152,1	53,15	-98,95	-61,94	0,35
Octubre	165,8	92,40	-73,40	-45,95	0,55
Noviembre	184,6	138,61	-45,99	-28,79	0,75
Diciembre	158,9	69,82	-89,08	-55,76	0,43
TOTAL ANUAL	1709,0	1088,66	-620,34	-388,33	0,64
Evapotranspiración Real (mm) = 458					

Tabla n.º 31
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 CINQUETA (CINCA) HASTA EL AFORO DE MOLINO DE GISTAIN
 Superficie de la cuenca: 100 Km.². Serie utilizada: 1965-73

Meses	(P)		Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Déficit				
Enero	128,7		35,90	-92,80	-9,28	0,28
Febrero	117,0		28,20	-88,80	-8,89	0,24
Marzo	165,7		43,00	-122,70	-12,27	0,26
Abril	142,3		113,90	-28,40	-2,84	0,80
Mayo	179,4		249,50	70,10	7,01	1,39
Junio	191,1		285,90	94,80	9,48	1,50
Julio	144,3		155,20	10,90	1,09	1,08
Agosto	173,6		78,10	-95,50	-9,55	0,45
Septiembre	167,7		85,30	-82,40	-8,24	0,51
Octubre	179,4		68,40	-111,00	-11,10	0,38
Noviembre	195,1		91,50	-103,6	-10,36	0,47
Diciembre	165,8		46,70	-119,10	-66,85	0,66
TOTAL ANUAL	1950,1		1281,6	-668,5	-66,85	0,66
Evapotranspiración Real (mm) = 355						

Tabla n.º 32
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 CINCA HASTA EL AFORO DE AINSA**
 Superficie de la cuenca: 835 Km.². Serie utilizada: 1959-73

Meses	(P)		(Q)		D=P-Q Hm³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	Déficit		
Enero	101,9	74,54	-27,36	-22,84	0,73	
Febrero	100,3	60,87	-39,43	-32,92	0,61	
Marzo	142,4	85,99	-56,41	-47,10	0,60	
Abril	127,8	110,02	-17,78	-14,85	0,86	
Mayo	155,3	170,85	15,55	12,98	1,10	
Junio	150,5	180,25	29,75	24,84	1,20	
Julio	114,9	94,80	-20,10	-16,78	0,83	
Agosto	142,4	67,90	-74,50	-62,21	0,48	
Septiembre	135,9	84,26	-51,64	-43,12	0,62	
Octubre	153,7	116,97	-36,73	-30,67	0,76	
Noviembre	158,6	131,62	-26,98	-22,53	0,83	
Diciembre	134,2	72,00	-62,20	-51,94	0,54	
TOTAL ANUAL	1617,9	1250,07	-367,83	-307,14	0,77	
Evapotranspiración Real (mm) = 437						

Tabla n.º 33
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 CINCA HASTA EL AFORO DE EL GRADO
 Superficie de la cuenca: 2.127 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	97,1	52,05	-45,05	-95,82	0,54
Febrero	97,2	44,78	-52,42	-111,50	0,46
Marzo	126,8	75,90	-50,90	-108,26	0,60
Abril	110,6	81,83	-28,77	-61,19	0,74
Mayo	116,0	112,56	-3,44	-7,32	0,97
Junio	118,7	112,41	-6,29	-13,38	0,95
Julio	77,0	53,15	-23,85	-50,73	0,69
Agosto	101,2	38,15	-63,05	-134,11	0,38
Septiembre	117,4	49,97	-67,43	-143,42	0,43
Octubre	129,5	64,58	-64,92	-138,08	0,50
Noviembre	139,0	77,26	-61,74	-131,32	0,56
Diciembre	118,7	53,43	-65,27	-138,83	0,45
TOTAL ANUAL	1349,2	816,07	-533,13	-1133,97	0,60
Evapotranspiración Real (mm) = 475					

dentales. En este último mes la aportación del río Ara en Torla es de 58,6 Hm³. En junio el nivel de precipitaciones ha descendido considerablemente, pero el caudal aún está muy por encima de la media (12,5 m³/sg. y 33,46 Hm.³). Desde mayo hasta julio el balance hidrológico presenta un claro superávit, con una escorrentía que en junio y julio es superior al doble de las precipitaciones. En agosto, por otra parte, el déficit es relativamente pequeño, inferior al de abril, aunque ya puede hablarse de aguas bajas. Con todo, el estiaje no es muy profundo (en agosto, una aportación de 14,7 Hm³, y en septiembre de 16,4 Hm³), porque en verano son frecuentes las tormentas y porque por encima de 2.800 m. se conservan importantes neveros que van fundiendo lentamente. Por otra parte, el río Arazas y parte del Ara incluyen un gran macizo calcáreo que se comporta como una auténtica esponja. Por ella algunos ríos subterráneos circulan a gran velocidad, pero existe también una circulación lenta que funciona como reserva de cara a los meses estivales. Lo cierto es que —sin duda debido al progresivo agotamiento de los neveros conforme avanza el verano— el estiaje se prolonga hasta octubre, a pesar de que se han superado ya las precipitaciones. Así, pues, nos encontramos ante un río que a la altura de Torla posee un régimen nival prácticamente puro, con máximo en junio, seguido de mayo y julio.

La otra estación de cabecera dentro de la cuenca del Cinca se encuentra en Molino de Gistaín, en el río Cinqueta. Su régimen es muy parecido al del río Ara en Torla, del que le separan sólo diferencias de matiz. Cuenta asimismo con el pequeño pico de noviembre y con la retención invernal, época en que la mayoría de las precipitaciones caen en forma sólida, aquí con mayor razón por la altitud de la estación de aforo. El mínimo invernal se alcanza en febrero, más profundo que en la cabecera del Ara. Claro está que aquí el invierno es precisamente la estación del año con menores precipitaciones, que aumentan hasta junio, con algún pico incluso en agosto como consecuencia de la actividad tormentosa. En cualquier caso, el coeficiente de escorrentía invernal es muy bajo (0,24 en febrero), lo que origina caudales escasos en enero (aportación de 3,59 Hm³), febrero (2,82 Hm³) y marzo (4,30 Hm³). En abril el caudal medio supera levemente a la media mensual y el déficit de escorrentía es muy pequeño, lo que significa el comienzo de la fusión. Esta alcanza su máximo apogeo en junio, coincidiendo con el mes de máximas precipitaciones y también con un claro excedente en la escorrentía. De todas formas, aunque en términos relativos el caudal de junio en Molino de Gistaín sea algo superior al de Ara en Torla, el papel de la nieve no es más determinante (en el Cinqueta la nieve retenida en invierno representa el 27 % del total de precipitaciones, frente al 32 % que representa el 27 % del total de precipitaciones, frente al 32 % que representa en Torla). Es esa coincidencia entre fusión y lluvia la que acentúa el volumen de agua aportado en el mes de junio. De la misma forma, la mayor profundidad del estiaje invernal en Molino de G. no significa una más importante retención nival, pues coincide con el mínimo de lluvias. El verano es muy poco seco, gracias en parte al mantenimiento de algunos neveros y también por la actividad tormentosa. El estiaje, como en Torla, se prolon-

ga hasta octubre. En definitiva, el régimen del Cinqueta se define también como nival, aunque exagerado por la curva de las precipitaciones.

A la altura de Boltaña la cuenca del río Ara se caracteriza por presentar en conjunto un máximo de precipitaciones en otoño, con lluvias más abundantes en noviembre, un ligero mínimo secundario en enero, nuevo incremento entre marzo y junio y mínimo principal en verano, especialmente en julio. En este esquema el río Ara refleja especialmente las lluvias de otoño, pues noviembre señala la aparición de un máximo muy importante ($33,48 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $86,77 \text{ Hm}^3$), equiparable a las aguas altas de primavera. Téngase en cuenta que el tramo septentrional de la cuenca del Ara está ampliamente abierto al Sur, lo que favorece la penetración de las influencias otoñales; de la misma forma, estas últimas afectan de lleno al sector meridional de la cuenca, ya claramente prepirenaico. En diciembre se produce el típico mínimo invernal por la retención nival, pero aquí se manifiesta sólo ligeramente, pues enero aporta $49,09 \text{ Hm}^3$, con un caudal medio de $18,33 \text{ m}^3/\text{sg.}$ Las precipitaciones líquidas y la fusión inmediata de la nieve en las partes bajas de la cuenca son responsables de este fenómeno. Todo ello queda reflejado en los balances hidrológicos de diciembre a marzo, con importantes déficits, aunque los coeficientes de escurrimiento no están muy alejados del anual, pues la nieve retenida en la parte alta de la montaña sólo representa ya un 16 % del total de precipitaciones. Esos déficits disminuyen en abril y son próximos a cero en mayo, junio y julio, época de la fusión nival. Interesa señalar que aunque las lluvias de primavera son sensiblemente inferiores a las de otoño, el caudal de mayo ($31,6 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $84,7 \text{ Hm}^3$) es similar al de noviembre. La presencia de neveros en la parte alta de la cuenca permite el mantenimiento de un caudal todavía importante en verano (en agosto $9,7 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $26,1 \text{ Hm}^3$), pese a lo cual, y como es lógico, los déficits de escurrimiento aumentan en agosto, y sobre todo en septiembre, debido a que el incremento de precipitaciones en este último mes se destina a recargar los acuíferos.

A la altura del aforo de Aínsa el régimen de precipitaciones caídas en la cuenca del Cinca es relativamente similar al del Ara hasta Boltaña. Sin embargo, destaca el hecho de que el máximo de noviembre —que aquí sigue siendo el principal— no es tan acentuado como en el Ara; que el mínimo invernal es mucho más acusado, hasta convertirse en el mínimo principal; y que el verano no es ni mucho menos una estación de precipitaciones escasas, pues sólo julio ve descender notablemente la cantidad de agua caída. Estamos, pues, ante una curva de precipitaciones con marcada tendencia continental, matizada por un recrudecimiento de la actividad frontal en otoño.

En tales circunstancias la curva anual de caudal difiere de la del río Ara. Para empezar, tanto octubre como noviembre están por encima de la media anual, si bien la punta de noviembre es, en términos relativos, menos destacada ($42,4 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $109,9 \text{ Hm}^3$). Por otra parte, la disminución invernal de caudal es mucho más acentuada en el Cinca, fenómeno que no parece estar ligado a una más intensa retención de las precipitaciones en forma sólida. Si atendemos al régimen de lluvias, comprobaremos que es la dismi-

nación de estas últimas la que explica la drástica reducción de caudal, que teóricamente no debería ser más acusada que en el Ara. En todos estos meses invernales el déficit de escorrentía es importante, pero no exagerado, y se acentúa precisamente en los meses de mayores precipitaciones (diciembre y marzo), en los que la retención nival se deja sentir más. No obstante, a pesar de que el Cinca recibe durante la estación fría menos lluvias que el Ara, la cantidad de nieve retenida es algo superior (18 % del total). En abril el caudal se recupera con el comienzo de la fusión, alcanzando el máximo en mayo (53,2 m³/sg. y 42,66 Hm³) y sobre todo en junio (58,07 m³/sg. y 150,51 Hm³), con lo que el régimen primaveral es similar al de Boltaña, siendo en términos relativos más elevada la fusión. Por último, durante el verano se sostiene un caudal bastante elevado (siempre superior a la mitad de la media), que en nada recuerda a los profundos estiajes del extremo occidental de la provincia. Tal atenuación se debe por un lado al papel de las reservas de nieve (garantizadas en parte por pequeños neveros y por las masas de nieve y hielo del valle de Marboré, donde nace el Cinca), y, por otro, a las frecuentes tormentas que se dan en toda la región. Por esta última razón, el mayor déficit de escorrentía se da en agosto y septiembre, porque las precipitaciones son relativamente abundantes y también lo es la evapo-transpiración¹⁴.

En resumen, pues, Ara y Cinca se diferencian —aparte del volumen de agua aportado por cada río, favorable al segundo— en que Ara posee un caudal de noviembre muy elevado y unas aguas primaverales inferiores a las esperadas, mientras en el Cinca los caudales de mayo y junio se destacan claramente del resto; además, los estiajes son menos profundos en el Cinca que en el Ara. El retraso de los máximos hasta junio se debe en gran parte a que la fusión nival es más tardía en estos valles centrales que en los occidentales por mayor tendencia continental. No obstante, influyen también las lluvias de finales de primavera, bastante abundantes tanto en el Cinca como en el Ara. Ambos ríos parecen tender más hacia nivo-pluviales, por más que ese máximo de junio pudiera hacernos ver una mayor influencia nival.

Aguas abajo de Aínsa el Cinca —con la incorporación del Ara— penetra en ambientes progresivamente menos húmedos, lo que da lugar a que disminuya la precipitación media por m², aunque se mantienen casi constantes las tónicas generales del régimen de lluvias. El mínimo principal se da en julio, no excesivamente destacado del resto, y el mínimo secundario aparece en invierno (enero y febrero), con cifras medias inferiores incluso a agosto y septiembre (se aprecia aquí la influencia de la cuenca alta). El máximo principal, en octubre-noviembre, queda algo por encima de la reactivación frontal de primavera.

La plasmación de las variables climáticas en el régimen fluvial se hace

¹⁴ Recuérdese que en los casos estudiados hasta ahora los mayores déficits de escorrentía se alcanzaron en invierno, que era la estación de más lluvias, parte de las cuales quedaban en cabecera sin poder fluir hacia el río.

de forma más atenuada que aguas arriba, con una onda de caudales mensuales relativamente regular. El máximo anual sigue dándose en junio, con notables repercusiones nivales y pluviales ($92,24 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $239,09 \text{ Hm}^3$). No obstante, conviene recordar que a la altura de El Grado la nieve retenida durante el invierno supone ya sólo el 13 % del total de precipitaciones. El estiaje —con mínimo en agosto— sí es más acusado —en términos relativos— que en Aínsa, pues se aproxima a la mitad de la media (agosto: $30,3 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $81,15 \text{ Hm}^3$), a pesar de lo cual el Cinca aporta un caudal más que considerable, muy por encima del río Aragón en Yesa. Y es que, contando con que desde Aínsa las incorporaciones al Cinca son más bien pobres e irregulares, el papel de los neveros de la parte más alta y de las lluvias de verano dan lugar a unos estiajes sensiblemente menos acusados que hacia el Oeste¹⁵. La recuperación otoñal es, por otra parte, muy rápida, como consecuencia de los máximos pluviales de otoño, y noviembre ($63,4 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $164,3 \text{ Hm}^3$) supera ampliamente el caudal medio anual. La retención invernal es moderada porque sólo afecta a una parte pequeña de la cuenca, mientras en el resto las precipitaciones siguen cayendo en forma líquida o funden rápidamente. El mínimo invernal se alcanza en febrero ($39,37 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $95,25 \text{ Hm}^3$), con recuperación desde marzo y fuerte subida en mayo y junio. A nuestro modo de ver, el Cinca en El Grado pasa a tener un régimen de transición entre nivo-pluvial y pluvio-nival, aunque el régimen de precipitaciones fuerza la aparición de un modelo más bien nivo-pluvial.

En resumen, el río Cinca hasta El Grado experimenta una transformación progresiva de su régimen, si bien se mantienen inalterables sus rasgos más definidos. De la influencia nival de cabecera, con fusión tardía de la nieve y muy moderados estiajes, se pasa a un régimen más de transición, con mínimos algo más acusados en agosto e importante papel de las lluvias otoñales. En cualquier caso, el Cinca en El Grado es ya el río con mayor aportación de toda la provincia, viéndose sólo superado durante enero, febrero y marzo por el río Aragón en Yesa, debido al papel de las precipitaciones invernales en el clima de tendencia oceánica.

3.4.4. Cuenca del río Esera

El río Esera presenta un esquema más sencillo que el Cinca. Sus dos afloros —olvidamos los datos de Barasona— se escalonan a lo largo del curso, y a ellos habría que añadir la aportación del río Isábena, incorporado cerca de la desembocadura. Hubiera sido muy interesante disponer de otro aforo entre Villanova y Graus, localizado preferiblemente en Campo, con objeto de analizar con mayor detalle el régimen del Esera desde su cabecera hasta su curso bajo.

¹⁵ Téngase en cuenta, por ejemplo, que incluso por Aínsa, antes de recibir al Ara, el río Cinca lleva ya más agua en verano que el Aragón en Yesa.

Tabla n.º 34

PROBABILIDAD DE ALCANZAR LAS APORTACIONES (HM.)
 MENSUALES Y ANUALES QUE SE INDICAN
 Estación de aforo: EL GRADO Río: CINCA

Probabilidad	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
10%	278,9	342,5	223,1	210,3	166,9	296,9	289,2	363,1	345,9	175,7	140,4	190,7	2436,6
25%	168,1	213,1	147,1	147,2	121,8	209,5	219,0	296,3	291,6	140,7	98,49	133,2	2104,24
50%	95,86	122,6	90,78	94,18	83,84	138,0	157,9	230,3	234,8	107,2	67,45	89,41	1735,79
75%	54,67	68,22	54,66	56,26	55,98	87,44	111,2	172,5	181,9	79,03	46,83	60,04	1367,33
95%	24,35	27,48	25,08	22,45	29,35	41,76	64,01	103,9	113,3	47,11	28,31	33,82	836,52
99%	13,81	13,77	13,97	9,70	17,65	23,09	41,75	66,15	71,49	30,35	20,18	22,68	464,24
Transformación	log	.1	.1	.3	.2	.2	.2	.5	.7	.4	-.1	log	1.0
Asimetría original	3,035	0,960	0,867	0,503	1,413	0,087	0,974	0,634	0,339	0,548	3,244	1,121	-0,210
Asimetría final	0,080	-0,013	-0,047	-0,040	0,058	-0,006	0,032	-0,027	0,033	0,025	-0,070	0,057	-0,210
x 1	0,189	-0,032	-0,112	-0,096	0,138	-0,015	0,075	-0,065	0,077	-0,060	-0,166	0,135	-0,497
x ²	0,520	1,296	1,463	2,001	0,100	0,393	0,058	0,345	0,048	0,205	3,060	0,374	0,669

Hasta Villanova, la cuenca topográfica del río Esera ha drenado ya 323 Km³, que reciben una precipitación media de 1.842 mm. La cifra es suficientemente importante y se explica por los elevados relieves que configuran la cabecera del Esera. Esa precipitación se distribuye a lo largo del año de manera relativamente similar, si bien se aprecia un acusado descenso en enero y —en menor medida— en febrero, reflejando así los efectos de la continentalidad invernal. De marzo a junio el nivel de lluvias se recupera para disminuir momentáneamente en julio e incrementarse de nuevo a partir de agosto. El máximo anual, como viene siendo habitual, se presenta en noviembre, bien destacado por encima de los restantes meses otoñales. Se trata, pues, de un régimen de tendencia continental en el que todavía quedan impresas las influencias equinocciales mediterráneas. Pero a pesar de la distribución altitudinal de la cuenca no se llega a alcanzar la proporción nival que veíamos en las cabeceras del Gállego y del Ara. En el Esera hasta Villanova la nieve retenida en invierno supone el 25 % de la precipitación total, sin duda porque las lluvias de enero y febrero son demasiado bajas y, por el contrario, se elevan las lluvias de verano.

Con todo, por su situación, tamaño de cuenca y relieves circundantes, el río Esera en Villanova sería quizás el más apropiado de la provincia de Huesca para dar un régimen nival bien definido, con máximo muy destacado en junio e incluso julio. La presencia de pequeños glaciares contribuirían a la confirmación de este esquema. Sin embargo, aunque el esera en Villanova tiene su máximo en junio, no es tan destacado como pudiera esperarse. Paradójicamente, y en términos relativos con respecto al caudal medio anual, el de junio no es apenas superior al de Aragón por Jaca en mayo, es similar al del Gállego en Búbal en mayo y es sensiblemente inferior al del Ara en Torla en junio. En definitiva, el papel del macizo de la Maladeta y de Perdiguero es parecido o incluso inferior al de otros macizos donde la reserva de nieve es menos importante. Para explicar este fenómeno conviene recordar lo ya señalado en otros apartados: la importante pérdida de caudal que experimenta el Esera en el Forao de Aigualluts y que sirve para engrosar las aguas del Garona. Y son precisamente estas aguas —procedentes del Aneto y Maladeta— las que mejor hubieran confirmado el importante papel de la nieve, pues las pérdidas son prácticamente nulas en invierno por ausencia de fusión, pero importantísimas a partir de mayo. El estudio de los balances hidrológicos mensuales confirman estas apreciaciones. Los déficits mensuales son muy elevados, y en la época de la fusión apenas hay un ligero superávit que se manifiesta sobre todo en junio. Si no hubiera esas pérdidas, el superávit de mayo a julio sería —como sucede en otros ríos— muy superior.

Por Villanova, el máximo secundario de noviembre (9,83 m³/sg. y 25,5 Hm³) regresa a valores más modestos que ni siquiera alcanzan la cifra media anual, para bajar de inmediato a partir de diciembre a los mínimos de invierno, que aquí son los más importantes (en febrero, 4,45 m³/sg. y 10,78 Hm³) y en junio se alcanza el máximo anual (28,3 m³/sg y 73,36 Hm³), coincidiendo la fusión de la nieve en las partes altas con un período de intensas precipitaciones. Como estas últimas se mantienen a buen nivel en ve-

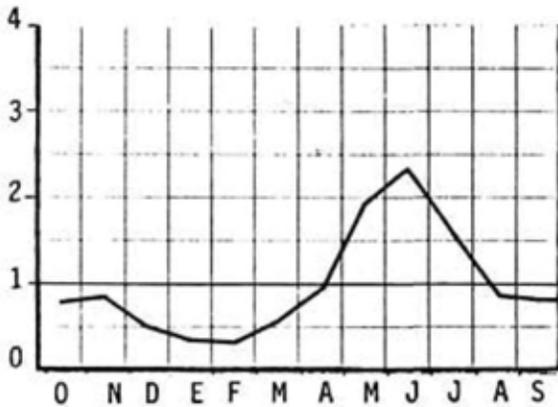
Tabla n.º 35

APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO ESERA

Estaciones	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
VILLANOVA													
m ³ /sg	9,40	9,83	6,03	4,93	4,45	6,50	11,72	23,43	28,30	18,86	11,14	9,68	12,05
Hm ³	25,25	25,49	16,15	13,19	10,78	17,41	30,39	62,75	73,36	50,52	29,83	25,08	380,14
L/sg/Km ²	29,09	30,44	18,66	15,25	13,79	20,13	36,30	72,53	87,63	58,40	34,48	29,96	37,32
GRAUS													
m ³ /sg	17,52	20,40	12,74	11,28	11,33	20,21	23,65	37,50	43,55	28,08	16,16	13,84	21,39
Hm ³	46,94	52,86	34,11	30,22	27,42	54,12	61,30	100,44	112,87	75,16	43,29	35,88	674,63
L/sg/Km ²	19,62	22,84	14,26	12,63	12,69	22,63	26,48	42,00	48,77	31,42	8,10	15,50	23,96
BARASONA													
m ³ /sg	27,48	30,81	22,22	22,57	22,27	35,78	38,24	54,09	59,81	37,65	24,54	20,63	33,05
Hm ³	73,59	79,86	59,52	60,45	53,87	95,78	99,11	144,88	155,01	100,84	65,74	53,48	1042,16
L/sg/Km ²	18,18	20,39	14,71	14,94	14,74	23,67	25,31	35,80	39,58	24,92	16,24	13,66	21,87
Evap. (Hm ³) (*)	0,35	0,19	0,08	0,08	0,10	0,47	0,58	0,72	0,85	1,04	0,97	0,79	6,22
APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO ISABENA													
CAPELLA													
m ³ /sg	5,76	7,50	4,89	5,33	5,66	8,93	9,65	7,10	7,39	4,64	4,06	3,96	6,24
Hm ³	15,41	19,43	13,10	14,29	13,68	23,91	25,02	19,03	19,16	12,44	10,87	10,26	196,62
L/sg/Km ²	13,51	17,59	11,48	12,52	13,28	20,95	22,66	16,68	17,35	10,90	9,53	9,29	14,64

(*) Evaporación estimada en el embalse de Barasona, a deducir de las aportaciones.

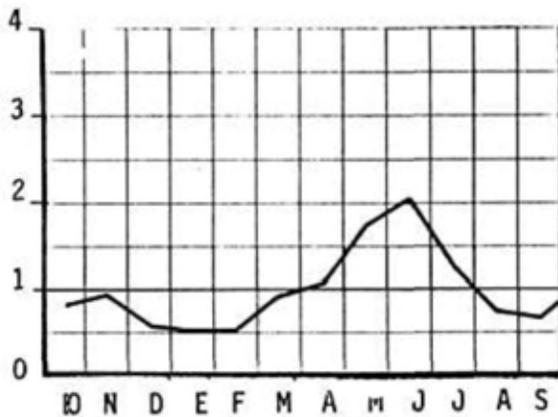
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: VILLANOVA

Rio: ESERA (CINCA)

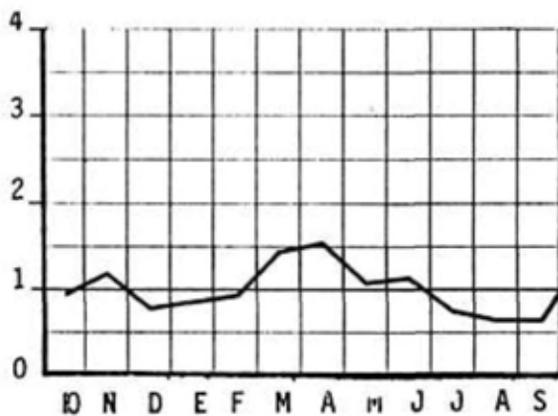
Módulo (m³/sg): 12,05



Aforo: GRAUS

Rio: ESERA (CINCA)

Módulo (m³/sg): 21,392



Aforo: CAPELLA

Rio: ISABENA (CINCA)

Módulo (m³/sg): 6,235

Fig. n.º 20

Tabla n.º 36
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 ESERA HASTA EL AFORO DE VILLANOVA**
 Superficie de la cuenca: 323 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P)	(Q)	Déficit mm	D=P-Q Hm ³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	escorrentia (mm/m ²)			
Enero	99,5	40,84	-58,66	-18,95	0,41
Febrero	123,4	33,37	-90,03	-29,08	0,27
Marzo	156,6	53,90	-102,70	-33,17	0,34
Abril	141,8	94,09	-47,71	-15,41	0,66
Mayo	184,2	194,27	10,07	3,25	1,05
Junio	162,1	227,12	65,02	21,00	1,40
Julio	132,6	156,41	23,81	7,69	1,18
Agosto	165,8	92,35	-73,45	-23,72	0,56
Septiembre	162,1	77,65	-84,45	-27,28	0,48
Octubre	167,6	77,89	-89,71	-28,98	0,46
Noviembre	191,6	78,92	-12,68	-36,40	0,41
Diciembre	154,8	50,00	-104,80	-33,85	0,32
TOTAL ANUAL	1842,1	1176,81	-665,29	-214,89	0,63
Evapotranspiración Real (mm) = 362					

Tabla n.º37
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 ESERA HASTA EL AFORO DE GRAUS**
 Superficie de la cuenca: 893 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	80,0	33,84	-46,16	-41,22	0,42
Febrero	92,6	30,71	-61,89	-55,27	0,33
Marzo	122,1	60,60	-61,50	-54,92	0,50
Abril	115,1	68,65	-46,45	-41,48	0,60
Mayo	141,8	112,47	-29,33	-26,19	0,79
Junio	127,7	126,39	-1,31	-1,17	0,99
Julio	92,6	84,17	-8,43	-7,53	0,91
Agosto	130,5	48,48	-82,02	-73,24	0,37
Septiembre	126,3	40,18	-86,12	-76,91	0,32
Octubre	127,7	52,56	-75,14	-67,10	0,41
Noviembre	132,0	59,19	-72,81	-65,02	0,45
Diciembre	115,2	38,20	-77,00	-68,76	0,33
TOTAL ANUAL	1403,6	755,44	-848,16	-578,81	0,54

Evapotranspiración Real (mm) = 450

Tabla n.º 38
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO
 ISABENA HASTA EL AFORO DE CAPELLA**
 Superficie de la cuenca: 426 Km.². Serie utilizada: 1947-73

Meses	(P)		(Q)		Déficit D=P-Q mm	D-P-Q hm³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m²)	Escorrentia (mm/m²)	Déficit			
Enero	67,0	33,54	33,54	-33,46	-14,25	0,50	
Febrero	73,8	32,11	32,11	-41,69	-17,76	0,44	
Marzo	100,0	56,13	56,13	-43,87	-18,69	0,56	
Abril	95,4	58,73	58,73	-36,67	-15,62	0,62	
Mayo	111,3	44,67	44,67	-66,63	-28,38	0,40	
Junio	107,9	44,98	44,98	-62,92	-26,80	0,42	
Julio	73,8	29,20	29,20	-44,60	-19,00	0,40	
Agosto	106,8	25,52	25,52	-81,28	-34,63	0,24	
Septiembre	106,7	24,08	24,08	-82,62	-35,20	0,23	
Octubre	100,2	36,17	36,17	-64,03	-27,28	0,36	
Noviembre	104,5	45,61	45,61	-58,89	-25,09	0,44	
Diciembre	88,7	30,75	30,75	-57,95	-24,69	0,35	
TOTAL ANUAL	1136,1	461,49	461,49	-674,61	-287,38	0,41	
Evapotranspiración Real (mm) =	511						

rano y como son muy abundantes los neveros que van fundiendo lentamente, los caudales de julio, agosto y septiembre son mucho más elevados de lo que cabría esperar, con lo que de hecho no puede hablarse de auténtico estiaje. En julio el caudal ($18,86 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $50,52 \text{ Hm}^3$) es claramente superior a la media anual, cuando los ríos occidentales están pasando ya por un período de auténtica escasez. Incluso agosto está próximo a la media anual (con $11,14 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $25,08 \text{ Hm}^3$). Curiosamente, en octubre se alcanza el volumen más bajo de todo el período estival, a pesar de que las precipitaciones se elevan ligeramente. Ello indica, en efecto, que los meses anteriores han estado engrosando su caudal de las reservas nivales, ya próximas al agotamiento en octubre.

Así, pues, el Esera en su cabecera conserva una gran influencia nival, aunque atenuada (en sus máximos y mínimos mensuales) por la pérdida de sus aguas más nivales. Interesa recordar, por otra parte, que los caudales de verano ofrecen cifras elevadas que contrastan con los períodos normales de estiaje en otros ríos.

El papel de la nieve se va matizando curso abajo. A la altura de Graus la curva mensual de caudales presenta un esquema similar a la de Villanova, pero con picos menos pronunciados. En invierno el caudal del Esera sigue siendo muy bajo (sobre todo en diciembre, enero y febrero), hasta el punto de que el mínimo anual se presenta en estación fría. Con todo, febrero (que es el mes más pobre) supera ya la mitad de la media anual, con $10,94 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $27,42 \text{ Hm}^3$. La recuperación clara de caudal tiene lugar ya en marzo, coincidiendo con el recrudecimiento de las precipitaciones, que en ese momento todavía caen en forma de nieve en la cabecera. Sin embargo, los caudales de fin de primavera son más moderados con respecto a la media porque aquí ya no es tan decisiva la fusión. De hecho, hasta Graus la nieve retenida en invierno alcanza el 15 % del total de precipitaciones. Aun así el caudal de junio ($43,55 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $112,87 \text{ Hm}^3$) duplica a la media anual y julio está bien por encima de la media a pesar de que las precipitaciones caen momentáneamente en picado. El estiaje se acusa más que en Villanova, si bien aquí la recuperación otoñal es más rápida, con un máximo secundario en noviembre que tampoco es muy destacado ($20,4 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $52,8 \text{ Hm}^3$).

Los ya citados problemas de la cabecera del Esera repercuten también en el aforo de Graus, donde los balances hidrológicos mensuales ofrecen déficits exagerados. Incluso no existe superávit de escorrentía alguno de mayo a julio, fenómeno que contrasta con otros ríos con igual o menor influencia nival. El mismo mes de agosto presenta un coeficiente de escorrentía de sólo 0,37, a pesar de que la fusión sigue siendo importante y de que son frecuentes las tormentas en el sector de cabecera.

El Esera completa su régimen con la incorporación del río Isábena en el mismo embalse de Barasona. El Isábena es un río que participa de alguna de las características de los ríos altos y de los prepirenaicos, si bien parece que predominan estas últimas. De hecho, la precipitación media caída en la cuenca desciende considerablemente, y —como se ha visto— el coefi-

ciente anual de escorrentía (0,41) se aproxima al de los ríos prepirenaicos. El invierno sigue siendo la estación con menos precipitaciones y julio significa un importante descenso. El resto del año se presenta a un nivel similar, con un ligero máximo en mayo-junio.

Todo ello da lugar a un régimen distinto del imperante en el resto de la cuenca del Esera. Para empezar, es más acusado el pico de noviembre (7,5 m.³/sg. y 19,43 Hm³) y los caudales de enero y febrero son sólo algo más bajos que la media anual. La disminución invernal, poco importante, refleja el descenso de precipitaciones y apenas acusa una pequeñísima retención nival en cabecera. Los cálculos estimados indican que sólo el 3 % de las precipitaciones totales queda como reserva para su fusión primaveral. El invierno es, además, la época en que los déficits de escorrentía están más atenuados, lo que marca una nueva diferencia con todas las estaciones del Cinca-Esera. El máximo anual se adelanta hasta marzo, y sobre todo abril, aunque no está excesivamente destacado por encima de la media anual. En abril el Isábena lleva 9,65 m.³/sg. y 25,02 Hm³. Este incremento se debe, por un lado, a la recuperación de las precipitaciones tras la penuria de enero y febrero, y por otro lado a la fusión de la pequeña cantidad de nieve retenida en cabecera, aunque éste es un factor muy secundario. Lo cierto es que se trata de una época en que la evapotranspiración es muy pequeña, a diferencia de lo que sucede en los meses siguientes que, aunque cuentan con precipitaciones incluso superiores, ven perder una parte de sus recursos hídricos por evapotranspiración. El déficit de escorrentía aumenta progresivamente desde entonces hasta alcanzar su máximo en agosto y septiembre. Tanto mayo como junio presentan todavía caudales por encima de la media anual, y en verano el estiaje no es tan acusado como pudiera esperarse gracias a que se mantiene un buen nivel de precipitaciones. Este esquema permite hablar del Isábena como de un río de régimen fluvial mediterráneo con estiaje relativamente poco profundo debido a ciertas influencias continentales.

En el conjunto de la cuenca del Esera, el Isábena viene a aportar un 20 % de los recursos totales. Son suficientes, sin embargo, para alterar algo el régimen del Esera antes de que éste desemboque en el Cinca. Al menos así lo demuestran los datos medios mensuales de Barasona. En ellos se aprecia —en comparación con Graus— una menor retención invernal, un mayor peso, aunque poco significativo, de la escorrentía de marzo y abril y un pico menos exagerado en mayo y en junio. El estiaje es, por esta razón, algo más acusado que en Graus, siempre claro está, en términos relativos.

En la tabla de frecuencias mensuales se aprecia que en Villanova, para cualquier nivel de probabilidades, los meses de junio, mayo y julio presentan los caudales más destacados. Los invernales son, por el contrario, los más bajos, lo que demuestra que los embates oceánicos de estación fría tienen aquí muy pocas repercusiones. En Graus además se observa que noviembre —más moderado en Villanova— puede dar lugar a importantes aportaciones en algunos años concretos. Por su parte, esas mismas frecuencias en Capella son más expresivas, por la gran diferencia existente entre el

Tabla n.º 40
**PROBABILIDAD DE ALCANZAR LAS APORTACIONES (HM.)
 MENSUALES Y ANUALES QUE SE INDICAN**
 Estación de aforo: CAPELLA Río: ISABENA

Probabilidad	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
10%	33,93	46,27	25,80	32,50	27,83	47,59	50,24	36,56	37,87	27,42	21,88	19,88	324,63
25%	15,24	22,56	17,88	18,21	15,41	30,14	32,95	24,54	25,69	16,41	12,07	13,69	249,10
50%	7,13	10,18	11,05	9,18	8,58	18,17	19,72	15,47	15,72	8,66	6,67	8,59	180,80
75%	3,69	4,59	6,09	4,40	5,02	10,95	11,13	9,54	8,84	4,16	3,84	4,99	126,83
95%	1,63	1,46	1,79	1,39	2,39	5,28	4,26	4,55	3,07	1,15	1,74	1,88	70,45
99%	0,98	0,65	0,41	0,56	1,38	3,17	1,91	2,61	1,12	0,36	0,93	0,76	43,40
Transformación	-2	log	.4	.1	loglog	log	.2	.1	.3	.2	loglog	.3	.3
Asimetría original	2,808	2,366	1,357	0,979	2,406	1,510	1,426	0,825	1,533	2,721	3,001	0,860	0,893
Asimetría final	0,028	-0,063	0,032	0,037	-0,019	-0,006	0,069	0,006	0,090	-0,035	0,034	0,063	0,025
x 1	0,065	-0,149	0,077	0,088	-0,045	-0,015	0,164	-0,013	0,212	-0,083	0,080	0,150	0,060
x ²	0,093	0,196	0,008	0,895	0,132	0,190	0,089	1,793	0,048	1,399	0,021	0,758	0,271

10 y el 95 % de probabilidades. Esa diferencia hace de nuevo hincapié en la irregularidad de los caudales mensuales, muy elevados unos años y muy bajos en otros.

3.4.5. Cuenca prepirenaica

Aparecen aquí acentuadas todas las características hidrológicas del río Isábena. Interesa recordar que nos encontramos ya ante cuencas cuya cabecera se inscribe en ambientes netamente submediterráneos y que su tramo medio e inferior es francamente mediterráneo, con acusada tendencia hacia la aridez. Las precipitaciones son, pues, escasas y muy irregulares y, por otra parte, la nieve juega en el mejor de los casos un papel anecdótico. En todo este sector la precipitación presenta máximos equinocciales, ligeramente más destacados en mayo y octubre-noviembre. El mínimo principal se da en julio, mientras que agosto y septiembre se mantienen a buen nivel dada la frecuencia de tormentas, aunque ello no acaba de reflejarse totalmente en la escorrentía por la importancia de la evapotranspiración.

Las dos estaciones de aforo del río Alcanadre poseen un régimen muy similar, determinado por el papel de las precipitaciones y la importancia relativa de las temperaturas. En cualquier caso, octubre presenta un caudal superior a la media, con 4,85 m³/sg. y 13 Hm³ para Lascellas y 6,78 m³/sg. y 18,18 Hm³ para Peralta de Alcofea. El caudal alcanza un máximo secundario bastante destacado en noviembre —6,65 m³/sg. y 17,25 Hm³ en Lascellas y 8,36 m³/sg. y 21,67 Hm³ en Peralta—, debido al recrudecimiento de las precipitaciones otoñales. Estas se hacen progresivamente más importantes en diciembre, enero y febrero, época que coincide en el río con un mínimo secundario no excesivamente destacado, pues el caudal se mantiene un poco por encima de la media. La reanudación generalizada de la actividad frontal eleva de nuevo las aportaciones a partir de marzo, mes en el que se alcanza la máxima anual (8,12 m³/sg. y 21,76 Hm³ en Lascellas y 10,94 m³/sg. y 29,31 Hm³ en Peralta). Para que se aprecien mejor las diferentes influencias que afectan a estos ríos prepirenaicos, conviene señalar que en marzo el Alcanadre tiene una aportación superior al del Aragón en Jaca, al Veral en Biniés y al Cinca en Lafortunada, ríos todos ellos con una escorrentía anual mayor que la del Alcanadre, pero con una distribución diferente de los caudales. La época de aguas altas se acaba, sin embargo, muy pronto y en mayo roza ya la media anual. Julio da la mínima con un estiaje que en términos relativos es más acusado en Peralta de Alcofea —1,92 m³/sg. y 5,15 Hm³— que en Lascellas (1,69 m³/sg. y 4,53 Hm³), por la mayor evaporación de la cuenca media. Agosto inicia ya una recuperación por la actividad tormentosa confirmada en septiembre.

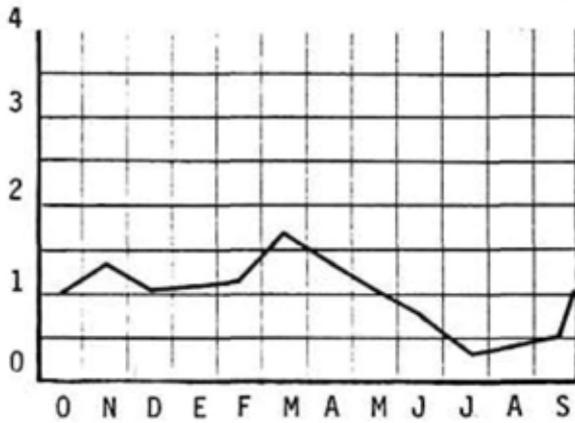
El río Vero en Barbastro no difiere apenas del esquema precedente, si bien es menos apreciable el incremento otoñal de caudal. El máximo se da asimismo en marzo, pero no está tan acentuado (4,22 m³/sg. y 11,3 Hm³). Por esa misma razón, el período de estiaje —al que se llega con un gradiente más suave— es ligeramente menos intenso, lo que puede atribuirse

Tabla n.º 41

APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LAS CUENCAS PREPIRENAICAS

Estaciones	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL	
BARBASTRO	m^3/sg	3,16	2,92	2,51	2,72	2,77	4,22	3,59	2,77	2,66	1,08	1,85	2,04	2,69
	Hm^3	8,47	7,56	6,71	7,29	6,70	11,30	9,32	7,41	6,90	2,88	4,94	5,29	84,82
	$L/sg/Km^2$	9,16	8,46	7,26	7,89	9,03	12,23	10,42	8,02	7,72	3,12	5,35	5,92	7,80
LASCELLAS	m^3/sg	4,85	6,65	5,20	5,49	5,84	8,12	6,61	5,00	3,72	1,69	2,05	2,49	4,80
	Hm^3	13,00	17,25	13,92	14,71	14,13	21,76	17,14	13,40	9,65	4,53	5,49	6,46	151,47
	$L/sg/Km^2$	9,69	13,28	10,37	10,97	11,65	16,21	13,20	9,99	7,43	3,37	4,09	4,97	9,59
PERALTA (ALCAN.)	m^3/sg	6,79	8,36	6,95	6,78	6,35	10,94	8,16	5,99	5,06	1,92	3,14	4,60	6,24
	Hm^3	18,18	21,67	18,36	18,16	15,35	29,31	21,15	6,06	13,11	5,15	8,42	11,94	196,86
	$L/sg/Km^2$	8,87	10,93	8,96	8,86	8,29	14,30	10,67	7,84	6,66	2,51	4,11	6,02	8,16
ARGUIS	m^3/sg	0,26	0,19	0,20	0,12	0,10	0,39	0,04	0,11	0,12	0,05	0,15	0,17	0,15
	Hm^3	0,71	0,48	0,53	0,32	0,23	1,04	0,10	0,29	0,31	0,14	0,39	0,44	4,88
	$L/sg/Km^2$	12,62	8,82	9,42	5,69	4,53	18,49	1,84	5,16	5,70	2,49	6,93	8,08	7,37
LA NAVA	m^3/sg	0,12	0,16	0,19	0,23	0,23	0,27	0,23	0,31	0,12	0,07	0,05	0,10	0,17
	Hm^3	0,32	0,41	0,50	0,62	0,55	0,73	0,59	0,85	0,32	0,19	0,14	0,25	5,47
	$L/sg/Km^2$	10,37	13,73	16,20	20,09	19,74	23,66	19,76	27,55	10,72	6,16	4,54	8,37	15,06

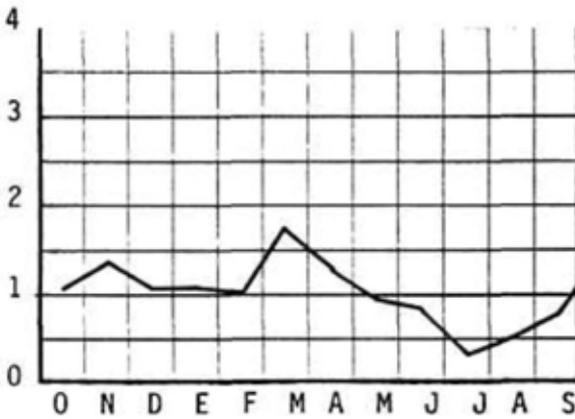
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: LAS CELLAS

Río: ALCANADRE (CINCA)

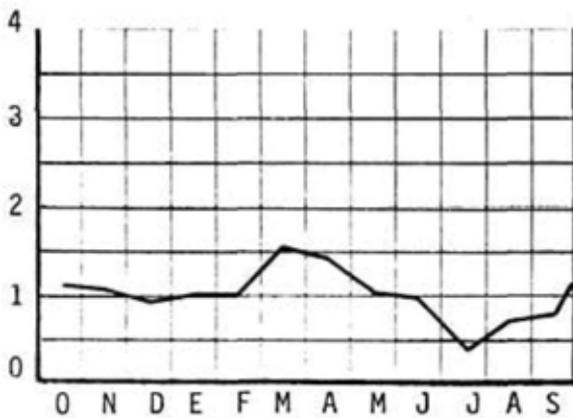
Módulo (m³/sg): 4,803



Aforo: PERALTA DE ALC.

Río: ALCANADRE (CINCA)

Módulo (m³/sg): 6,243



Aforo: BARBASTRO

Río: VERO (CINCA)

Módulo (m³/sg): 2,690

Fig. n.º 21

Tabla n.º 41
**COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO VE-
 RO HASTA EL AFORO DE BARBASTRO**
 Superficie de la cuenca: 345 Km.². Serie utilizada: 1947-1970

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentía (mm/m²)	Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coefficiente de escorrentía. C=Q/P
Enero	60,4	21,13	-39,27	-13,55	0,35
Febrero	64,8	19,42	-45,38	-15,66	0,30
Marzo	80,8	32,75	-48,05	-16,58	0,41
Abril	80,0	27,07	-52,93	-18,26	0,34
Mayo	87,1	21,48	-65,62	-22,64	0,25
Junio	79,1	20,00	-59,10	-20,39	0,25
Julio	43,5	8,35	-35,15	-12,13	0,19
Agosto	72,0	14,32	-57,68	-19,90	0,20
Septiembre	81,6	15,33	-66,27	-22,86	0,19
Octubre	83,5	24,54	-58,96	-20,34	0,29
Noviembre	83,7	21,91	-61,97	-21,32	0,26
Diciembre	71,8	19,45	-52,35	-18,06	0,27
TOTAL ANUAL	888,3	245,75	-642,55	-221,68	0,28
Evapotranspiración Real (mm) =					515

Tabla n.º 42
 PROBABILIDAD DE ALCANZAR LAS APORTACIONES (Hm³)
 MENSUALES Y ANUALES QUE SE INDICAN

Estación de aforo: BARBASTRO Río: VERO

Probabilidad	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
10%	19,82	19,80	15,50	17,77	15,67	26,85	22,64	16,94	15,10	6,62	11,64	12,04	166,73
25%	7,71	10,10	9,48	9,85	9,17	15,32	11,22	10,10	9,91	3,95	5,55	7,05	119,70
50%	3,06	3,91	4,76	4,40	4,48	7,18	4,84	5,09	5,43	1,96	2,58	3,61	75,13
75%	1,18	1,03	1,83	1,52	1,80	2,69	1,93	2,14	2,29	0,81	1,14	1,67	39,27
95%	0,04	0,02	0,12	0,11	0,24	0,28	0,44	0,34	0,11	0,12	0,14	0,42	5,71
99%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,13	0,03	0,00	0,01	0,00	0,12	0,00
Transformación	loglog	.3	.4	.3	.3	.3	.1	.3	.5	.3	loglog	.2	.6
Asimetría original	2,500	1,023	0,750	1,113	0,925	1,389	2,101	1,460	0,617	0,764	2,441	1,929	0,429
Asimetría final	0,021	-0,038	-0,042	0,087	0,001	0,110	0,010	0,096	0,002	-0,005	0,019	-0,129	0,044
x ¹	0,048	-0,087	-0,095	0,196	0,003	0,249	0,022	0,218	0,005	-0,011	0,042	-0,292	0,100
x ²	1,011	2,302	1,530	1,355	1,420	0,555	0,227	0,623	1,651	1,544	1,321	0,085	1,756

al papel regulador de las calizas de cabecera en el río Vero. El mínimo anual se alcanza también en julio, pero al igual que en el Alcanadre, agosto y septiembre abren un período de recuperación. Como es lógico, y dado que el coeficiente de esorrentía es muy bajo, el déficit hidrológico mensual es muy elevado, sobre todo en agosto y septiembre, meses en que la esorrentía no se incrementa lo suficiente como para compensar el aumento de las precipitaciones. El déficit es mucho menor, sin embargo, en julio, en que el caudal disminuye en función de una reducción del volumen de agua caída.

En términos generales, el Vero y el Alcanadre, como otros ríos prepirenaicos, se definen como pluviales mediterráneos en los que cabe una ligera matización continental (precipitaciones de agosto y septiembre) lo que impide la aparición de estiajes más profundos.

3.4.6. El régimen del Cinca en Fraga

Abrimos aquí un pequeño apartado para analizar la curva de caudales mensuales del río Cinca en Fraga. Por esta localidad, el Cinca ya ha recorrido la mayor parte de su cuenca y drenado más de la mitad de la provincia. En un epígrafe anterior habíamos dejado al Cinca en El Grado, pero desde allí hasta Fraga recibe las aguas del río Esera y de los afluentes prepirenaicos, Vero y Alcanadre sobre todo, sumándose a ello la pequeña influencia que pueda imprimirle su paso por plena depresión del Ebro. Hay, pues, razones para pensar que a la altura de Fraga el régimen es diferente del que posee en El Grado.

Para el análisis de los caudales mensuales del Cinca en Fraga se han utilizado los datos de 1947 a 1965, que son los menos influidos por los embalses de El Grado y Mediano. Son, sin embargo, datos no naturalizados, pues no se han añadido las derivaciones del Canal de Aragón y Cataluña. Por otra parte, debe recordarse que este período engloba a una época muy seca, lo que puede dar una imagen un tanto falseada de lo que es el Cinca en Fraga.

Quizás lo más significativo a primera vista es que las máximas y los mínimos por encima o por debajo de la media son relativamente moderados. Apenas queda constancia de la retención invernal, que alcanza su mínimo en febrero ($70,20 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $170,61 \text{ Hm}^3$). La primavera es algo irregular, con aguas altas en marzo ($110,70 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $296,50 \text{ Hm}^3$) y sobre todo en junio ($135,53 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $351,29 \text{ Hm}^3$), con un ligero bajón en abril. En realidad parece como si la subida de marzo correspondiera a las precipitaciones que afectan a la cuenca media y baja del Cinca, descendieran éstas en abril y a partir de ahí se produjera un nuevo aumento de caudal provocado por fusión y lluvias. De hecho, como ya se ha visto, los afluentes prepirenaicos tienen su máxima aportación durante el mes de marzo, con lo que se demuestra que su influencia sobre el Cinca es menos desdeñable de lo que pudiera parecer.

El estiaje es relativamente importante, con un mínimo en agosto (32,59 m³/sg. y 86,30 Hm³) que en profundidad es más acentuado que el del Cinca en El Grado.

Así, pues, no se aprecia el papel moderador del Esera, que en agosto y septiembre sufre menos el bajón de caudal; el estiaje de los ríos prepirenaicos, la derivación del canal de Aragón y Cataluña y la evaporación del mismo Cinca a su paso por la depresión del Ebro, explican este fenómeno. Septiembre es un mes en que el caudal no se ha recuperado totalmente (43,31 m³/sg. y 112,26 Hm³).

En conjunto, el río Cinca en Fraga posee un régimen pluvionival en el que el papel de la nieve queda ya muy subordinado, pues apenas da lugar a retención invernal y las aguas altas de primavera ya no lo son tanto. Mantiene el máximo de julio heredado desde El Grado y del Esera, pero el pico de marzo tiene que ver mucho con las lluvias primaverales y la aportación de sus afluentes prepirenaicos. El estiaje, por otra parte, sin ser exagerado, anuncia la pobreza de las precipitaciones en el tramo medio e inferior de la cuenca. En cualquier caso, el río Cinca en Fraga lleva (sumándole el Canal de Aragón y Cataluña) cualquier mes bastante más agua que ningún otro río a su paso por la provincia de Huesca, y el mismo Aragón en Yesa lleva poco más de la mitad de agua que el Cinca durante el mes de agosto.

3.4.7. Cuenca del río Noguera Ribagorzana

La cuenca del Noguera Ribagorzana presenta una forma y una estructura de red fluvial muy parecida a la del río Gállego. Sin embargo, dispone de varias estaciones de aforo, algunas de ellas situadas muy en la cabecera, mientras otras se sitúan en el curso medio y bajo. Ello permite un análisis más completo de las sucesivas influencias y de la transformación del régimen. De todas formas, como ya se ha visto en otro apartado, aguas abajo de Pont de Suert no hay posibilidad de reconstruir con gran fiabilidad ninguna estación, si bien hemos elaborado de diversas formas los datos de Piñana para disponer de un aforo cerca de la desembocadura.

El río principal tiene su primer aforo en Ginaste, con una cuenca todavía pequeña y altitudes situadas en ocasiones por encima de 3.000 m. Las precipitaciones tienen máximos equinocciales, con especial énfasis en septiembre-noviembre, mientras mayo-junio presentan un máximo secundario muy destacado. El mínimo principal se da en invierno, mientras que el verano mantiene un buen nivel de precipitaciones. Si comparamos el esquema precedente con la importancia relativa de las medias mensuales llegaremos a la conclusión de que la nieve ha de jugar un papel muy importante.

En efecto, ese máximo principal de otoño queda en el régimen fluvial muy suavizado. Septiembre no llega todavía, ni mucho menos, a la media anual e incluso prolonga la tónica descendente del caudal estival. El déficit hidrológico es, por ello, el más elevado de todo el año. Hasta noviembre no

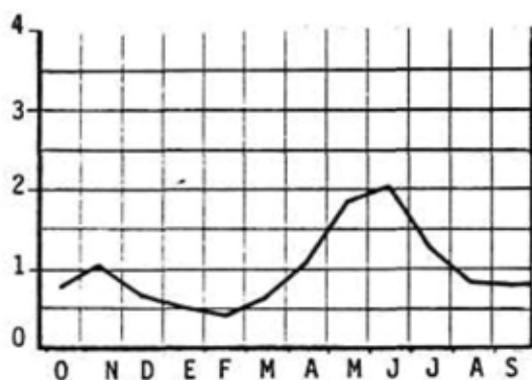
Tabla n.º 43

APORTACIONES MENSUALES MEDIAS EN LA CUENCA DEL RIO N. RIBAGORZANA

Estaciones	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL	
NOALES	m ³ /sg	1,89	2,79	1,56	1,55	1,46	2,15	3,93	5,07	4,14	1,79	1,32	1,76	2,45
	Hm ³	5,01	7,22	4,17	4,15	3,53	5,77	10,17	13,59	10,73	4,79	3,53	4,55	77,25
	L/sg/Km ²	24,59	36,65	20,50	20,37	19,22	28,35	51,65	66,77	54,49	23,53	17,34	23,12	32,23
GINASTE	m ³ /sg	4,85	6,69	4,06	3,12	2,87	3,95	6,77	11,50	12,64	8,13	5,05	4,94	6,22
	Hm ³	12,98	17,34	10,87	8,36	6,95	10,59	14,55	30,80	32,76	21,79	13,41	12,82	196,24
	L/sg/Km ²	32,53	44,91	27,23	20,95	19,26	26,54	45,44	77,17	84,83	54,59	33,60	33,18	41,76
CALDAS DE BOHI	m ³ /sg	2,03	1,60	1,28	1,12	0,90	1,43	2,03	4,24	6,28	3,55	2,07	1,94	2,38
	Hm ³	5,42	4,14	3,43	3,01	2,20	3,82	5,26	11,35	16,27	9,51	5,56	5,03	75,00
	L/sg/Km ²	41,33	32,57	26,12	22,91	18,43	29,12	41,43	86,48	128,14	72,50	42,33	39,56	48,50
P. SAN NICOLAU	m ³ /sg	1,90	1,33	1,00	0,91	0,73	1,13	1,78	3,96	5,59	3,02	1,71	1,65	2,06
	Hm ³	5,08	3,45	2,67	2,43	1,77	3,01	4,61	10,59	14,49	8,09	4,58	4,29	65,06
	L/sg/Km ²	29,64	20,82	15,55	14,17	11,33	17,58	27,80	61,80	87,36	47,21	26,71	25,83	32,22
LLESP	m ³ /sg	6,50	8,45	5,09	4,32	4,20	5,09	8,23	15,11	20,68	12,45	6,46	6,78	8,62
	Hm ³	17,40	21,21	13,63	11,58	10,15	13,64	21,33	40,47	53,61	33,35	17,29	17,58	271,98
	L/sg/Km ²	28,88	37,57	22,62	19,21	18,65	22,64	36,58	67,15	91,93	55,35	28,69	30,14	38,33
PONT DE SUERT	m ³ /sg	15,51	16,62	11,08	10,49	9,15	13,08	19,97	30,29	35,32	21,34	13,46	14,29	17,58
	Hm ³	41,53	43,07	29,67	28,11	22,14	35,04	51,75	81,13	91,55	57,16	36,05	37,05	554,28
	L/sg/km ²	27,79	29,78	19,85	18,81	16,40	23,45	35,78	54,28	63,30	38,25	24,12	25,62	31,50
PIRANA (1947 a 1954) (*)	m ³ /sg	16,24	14,72	15,71	11,23	11,29	19,15	22,92	34,80	40,20	20,29	15,40	14,40	19,72
	Hm ³	43,49	36,17	42,08	30,07	27,33	51,29	59,42	93,21	104,20	54,34	41,25	37,32	622,17
	L/sg/Km ²	9,24	8,38	8,94	6,39	6,43	10,90	13,05	19,81	22,88	11,55	8,77	8,20	11,22

(*) Se han utilizado estos años, anteriores a la instalación de los grandes embalses, para evitar su influencia.

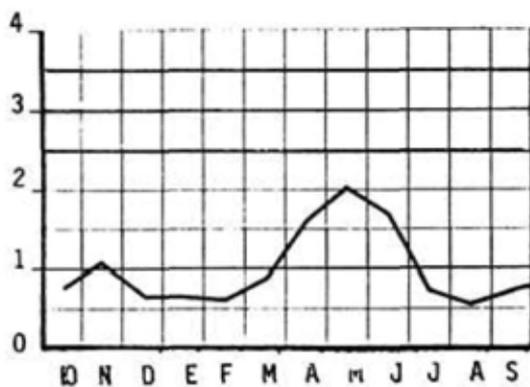
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: GINASTE

Rio: NOGUERA RIBAGORZANA

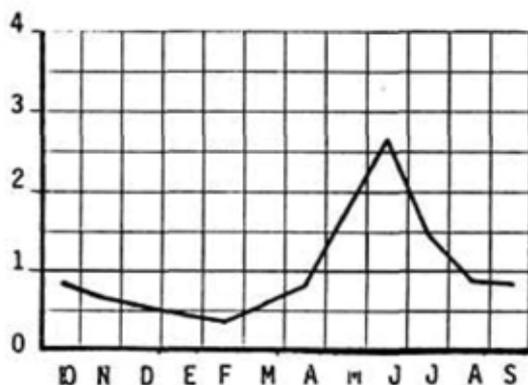
Módulo (m³/sg): 6,223



Aforo: NOALES

Rio: BALIERA
(NOGUERA RIBAGORZANA)

Módulo (m³/sg): 2,450



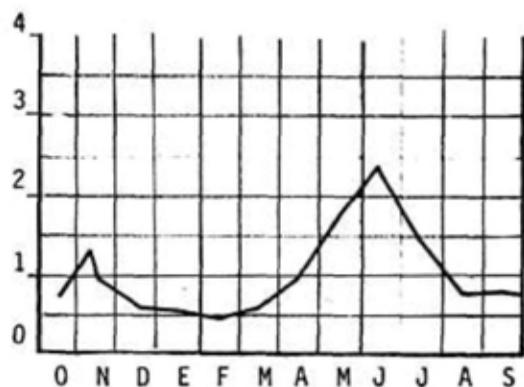
Aforo: CALDAS DE BOHI

Rio: N. DE TOR
(N. RIBAGORZANA)

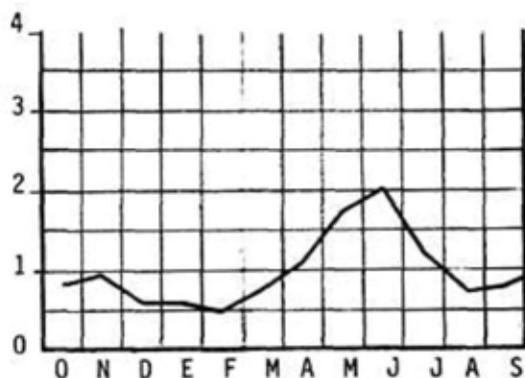
Módulo (m³/sg): 2,38

Fig. n.º 22

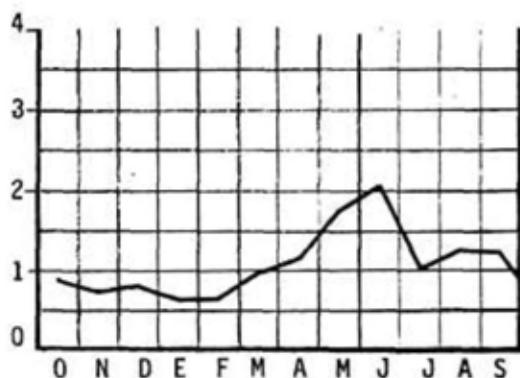
REGIMENES FLUVIALES



Aforo: LLESP
 Rio: NOGUERA DE TOR
 (N. RIBAGORZANA)
 Módulo (m³/sg): 8,624



Aforo: PONT DE SUERT
 Rio: NOGUERA RIBAGORZANA
 Módulo (m³/sg): 17,576



Aforo: PIÑANA
 Rio: NOGUERA RIBAGORZANA
 Módulo (m³/sg): 19,72

Fig. n.º 23

Tabla n.º 44

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO N. RIBAGORZANA (N. DE TOR)
 HASTA EL AFORO DE CALDAS DE BOHI

Superficie de la cuenca: 49 Km.². Serie utilizada: 1947-61

Meses	(P)		(Q)		D=P-Q Hm ³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/m ²)	Déficit mm			
Enero	121,5	61,43	-60,07	-2,94		0,51
Febrero	110,8	44,90	-65,90	-3,23		0,41
Marzo	141,1	77,96	-63,14	-3,09		0,55
Abril	135,8	107,35	-28,45	-1,39		0,79
Mayo	189,4	231,63	42,23	2,07		1,22
Junio	146,5	332,04	185,54	9,02		2,27
Julio	128,6	193,88	65,28	3,20		1,51
Agosto	150,1	113,47	-36,63	-1,79		0,76
Septiembre	164,4	102,65	-61,75	-3,03		0,62
Octubre	162,6	110,61	-51,99	-2,55		0,68
Noviembre	178,7	84,49	-94,21	-4,62		0,47
Diciembre	157,3	70,00	-87,30	-4,28		0,45
TOTAL ANUAL	1786,8	1530,61	-256,19	-12,55		0,86

Evapotranspiración Real (mm) = 334

Tabla n.º 45
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO N. RIBAGORZANA (BALIERA) HASTA EL AFORO DE NOALES
 Superficie de la cuenca: 76 Km.². Serie utilizada: 1965-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m²)	Déficit mm	D-P-Q Hm³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	105,3	54,61	-50,69	-3,85	0,52
Febrero	102,0	46,45	-55,55	-4,22	0,46
Marzo	140,4	75,92	-64,48	-4,90	0,54
Abril	137,0	133,82	-3,18	-0,24	0,98
Mayo	150,4	178,82	28,42	2,16	1,19
Junio	168,8	141,18	-27,62	-2,10	0,84
Julio	120,3	63,03	-57,27	-4,35	0,52
Agosto	143,7	46,45	-97,25	-7,39	0,32
Septiembre	175,5	59,87	-115,63	-8,79	0,34
Octubre	143,7	65,92	-77,78	-5,91	0,46
Noviembre	163,8	95,00	-68,80	-5,23	0,58
Diciembre	120,4	54,87	-65,53	-4,98	0,46
TOTAL ANUAL	1671,3	1015,94	-655,36	-49,81	0,60
Evapotranspiración Real (mm) = 414					

Tabla n.º 46
 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO N.
 RIBAGORZANA HASTA EL AFORO DE GINASTE
 Superficie de la cuenca: 149 Km.². Serie utilizada: 1963-73

Meses	(P)		(Q)		Déficit mm	D=P-Q Hm³	Coeficiente de escorrentia. C=Q/P
	Precipitación (mm)	Escorrentia (mm/mc)	Escorrentia (mm/mc)	Déficit			
Enero	120,4	56,11	56,11	-64,29	-9,58	0,47	
Febrero	116,6	46,64	46,64	-69,96	-10,42	0,40	
Marzo	156,1	71,07	71,07	-85,03	-12,67	0,46	
Abril	148,6	117,79	117,79	-30,81	-4,59	0,79	
Mayo	176,8	206,71	206,71	29,91	4,46	1,17	
Junio	190,0	219,87	219,87	29,87	4,45	1,16	
Julio	146,7	146,24	146,24	-0,46	-0,07	1,00	
Agosto	144,8	90,00	90,00	-54,80	-8,17	0,62	
Septiembre	191,8	86,04	86,04	-105,76	-15,76	0,45	
Octubre	167,4	87,11	87,11	-80,29	-11,96	0,52	
Noviembre	195,6	116,38	116,38	-79,22	-11,80	0,59	
Diciembre	126,0	72,95	72,95	-53,05	-7,90	0,58	
TOTAL ANUAL	1880,8	1316,91	1316,91	-563,89	-84,02	0,70	
Evapotranspiración Real (mm) = 380							

Tabla n.º 47
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA EN LA CUENCA DEL RIO N. RIBAGORZANA HASTA EL AFORO DE PONT DE SUERT
 Superficie de la cuenca: 558 Km.². Serie utilizada: 1952-73

Meses	(P) Precipitación (mm)	(Q) Escorrentia (mm/m ²)	Déficit mm	D=P-Q Hm ³	Coefficiente de escorrentia. C=Q/P
Enero	123,5	50,38	-73,12	-40,88	0,41
Febrero	131,5	39,68	-91,82	-51,23	0,30
Marzo	153,2	62,80	-90,40	-50,44	0,41
Abril	139,7	92,74	-64,96	-26,20	0,66
Mayo	145,0	145,39	0,39	0,22	1,00
Junio	155,9	164,07	8,17	4,56	1,05
Julio	100,7	102,44	1,74	0,97	1,02
Agosto	148,5	64,61	-83,89	-46,81	0,44
Septiembre	176,4	66,40	-110,00	-61,38	0,38
Octubre	154,7	74,43	-80,27	-44,79	0,48
Noviembre	172,9	77,19	-95,71	-53,41	0,45
Diciembre	144,6	53,17	-91,43	-51,02	0,37
TOTAL ANUAL	1746,6	993,30	-753,30	-420,34	0,57
Evapotranspiración Real (mm) = 408					

puede hablarse de recuperación ($6,69 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $17,34 \text{ Hm}^3$) superándose ligeramente la media anual. Con todo, el caudal no responde a la importancia de las precipitaciones, lo que significa que en esa época se están recargando las reservas del suelo. La disminución de la actividad frontal, por un lado, y la retención nival por otro, reducen drásticamente el caudal de invierno, que alcanza su mínimo en febrero ($2,77 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $6,95 \text{ Hm}^3$). Procesos de signo contrario comienzan a elevar el caudal a partir de abril; mayo y junio presentan las mayores aportaciones, especialmente este último, que supera al doble de la media anual ($12,64 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $32,76 \text{ Hm}^3$). En mayo y junio los balances hidrológicos son positivos, mientras que en abril y, sobre todo, en julio se acercan mucho al cero. Este fenómeno sólo puede explicarse con esta intensidad a partir de la fusión de la nieve de cabecera, que por la altitud de la cuenca y su carácter continental tarda más en fundir. Julio sigue todavía con aguas altas, aunque en claro descenso. En agosto el estiaje es todavía poco pronunciado, y ni siquiera en septiembre cabe hablar de auténtica penuria de caudales. En Ginaste, como en las estaciones de marcada influencia nival, la escorrentía de invierno es inferior a la de verano; por otra parte, es significativo que el régimen fluvial invierta notablemente la importancia de los máximos pluviométricos. Prueba de esa influencia es que el 24 % de las precipitaciones totales queda retenido en forma de nieve hasta su fusión.

Aguas abajo de Ginaste, el Noguera Ribagorzana recibe al Baliera por su derecha y al Noguera Tor por su izquierda. El Baliera es el menos caudaloso y el que posee una cuenca con menor altitud media. Sin embargo, todavía se aprecian en él las repercusiones de la retención/fusión nival. Tras el pequeño pico de noviembre, ligado al incremento de las precipitaciones, el caudal disminuye en invierno hasta alcanzar su mínimo en febrero, que, como en el caso de Ginaste, se debe también al hecho de que las precipitaciones descienden notablemente en invierno. En febrero el río Baliera lleva $1,46 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $3,53 \text{ Hm}^3$. De todas formas, con respecto a la media la reducción invernal no es tan significativa como en otras estaciones nivales. La fusión, por otra parte, se adelanta un mes en relación a la cabecera del Noguera Ribagorzana, pues en abril ($3,93 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $10,17 \text{ Hm}^3$) el caudal supera ya con creces la media anual, hasta duplicarse en mayo ($5,07 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $13,59 \text{ Hm}^3$) y mantenerse todavía elevado en junio ($4,14 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $13,73 \text{ Hm}^3$). Estos tres meses son los que presentan lógicamente un coeficiente de escorrentía más elevado gracias a la incorporación de las aguas de fusión, sobre todo en mayo. Sin embargo, el estiaje es sensiblemente más profundo que en el resto de la cuenca del Ribagorzana y se llega a él más rápidamente, pues julio ya experimenta un gran descenso de caudal (recuérdese que en Ginaste el caudal supera todavía con mucho a la media anual). El mínimo se presenta en agosto ($1,32 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y $3,53 \text{ Hm}^3$), inferior incluso a las aguas bajas invernales. Todo ello no hace sino completar la idea que poseemos sobre la influencia nival; las características altitudinales de la cuenca no son favorables para la creación de una gran reserva invernal y ésta funde por esa misma razón muy pronto, de tal forma que en julio ha dejado de sentirse en la práctica su presencia. Prueba de ello es el

aumento del déficit de esorrentía ya a partir de julio. En septiembre, que es cuando se recoge el mayor volumen de precipitaciones, el caudal se recupera, pero sólo ligeramente, continuando ascendiendo hasta noviembre.

En resumen, por su derecha, el río Noguera Ribagorzana recibe aguas con influencia pluvio-nival, enmascaradas en parte por la distribución de las precipitaciones que acentúan el máximo de junio.

Mucho mayor volumen es el que lleva el río Noguera de Tor que procede de sectores más elevados que el Baliera. En su cabecera, drenando superficies muy reducidas, se encuentran los afloros de Caldas de Bohí (49 Km² de cuenca), en el mismo Noguera de Tor y de Palanca de San Nicolau (64 Km²) en su afluente más importante. Por lo reducido de sus dimensiones, son cuencas que se ciñen exclusivamente a territorios de cabecera, por lo que engloban una distribución altimétrica muy elevada. Las precipitaciones son voluminosas a lo largo de todo el año, si bien se aprecia un sensible descenso en invierno (enero-febrero), un máximo principal en mayo y un máximo secundario en noviembre, pasando julio por algunos momentos de sequía no demasiado importantes. Trasladado el esquema a las aportaciones fluviales no hay tal incremento en noviembre, pues este mes viene prolongando el descenso de caudal que se manifiesta desde principios de verano. Estas dos estaciones de aforo son precisamente las dos únicas incluidas en nuestro estudio en las que noviembre no significa un aumento de caudal. De ahí que sea en ese momento cuando se alcanza el máximo déficit de esorrentía. El caudal sigue disminuyendo a lo largo del invierno con un mínimo en febrero (0,90 m³/sg. en Caldas de Bohí y 0,73 m³/sg. en San Nicolau), momento en que el caudal se encuentra a la tercera parte de la media anual. En términos relativos se trata de un estiaje invernal que por su intensidad sólo es comparable a las cifras de Molino de Gistaín y Torla. El coeficiente de esorrentía se encuentra en febrero en 0,32. En abril comienza a apreciarse un ligero despertar que ya es evidente en mayo (4,24 m³/sg. en Caldas de Bohí y 3,96 m³/sg. en San Nicolau) para alcanzar un máximo muy destacado en junio (6,28 m³/sg. en Caldas de Bohí y 5,59 m³/sg. en San Nicolau), momento en que el caudal medio mensual es dos veces y media el anual. Se da, pues, una gran concentración de caudales en mayo y junio, pudiéndose añadir julio con un claro descenso. Estos meses poseen un déficit de esorrentía mínimo o incluso tienen un balance positivo, lo que demuestra, en primer lugar, la importancia de la nieve en la distribución mensual de caudales, pero también la rapidez con que esta nieve funde. Parece como si tardase más en empezar a fundir, pero cuando lo hace, el fenómeno se desencadena a gran velocidad, porque tiene lugar en una época en que el continente se recalienta intensamente. El descenso estival no es demasiado acusado (en septiembre, 1,94 m³/sg. en Caldas de Bohí, y 1,61 m³/sg. por San Nicolau), manteniendo un nivel aceptable, por la influencia de algunos pequeños neveros y por las precipitaciones de agosto y septiembre. Las dos estaciones de aforo, muy próximas y con características ambientales similares, presentan una curva anual de caudales calcada una de la otra, con una pequeña diferencia volumétrica a favor del Noguera de

Tor; en ambos casos hay un solo máximo a finales de primavera y un solo mínimo en noviembre.

Ello nos lleva a concluir que el régimen de ambos ríos es un nival casi puro, por la gran influencia que tiene la nieve en la evolución de caudales, si bien los máximos y mínimos se ven matizados por aumento y disminución de precipitaciones. Con todo, la desaparición del máximo de noviembre indica que, en efecto, las influencias pluviales están muy atenuadas. La cantidad de nieve acumulada durante la estación fría representa el 28 % para Caldas de Bohí y el 27 % para Palanca de San Nicolau.

Poco antes de su desembocadura en el Noguera Ribagorzana, el río Noguera de Tor es aforado en Llesp, donde ya se ha convertido en un río de importante caudal. Claro está, a esas alturas ha drenado ya 225 Km² de cuenca, entre los que se incluyen territorios situados a menor altitud y que poseen una capacidad inferior para crear una reserva de nieve. Y así, noviembre refleja ya el pico otoñal de precipitaciones, bien destacado sobre los meses invernales en los que de nuevo se produce un descenso muy acusado (en febrero, 8,83 m³/sg. y 22,14 Hm³), de la misma entidad que el que tiene lugar en el Noguera Ribagorzana en Ginaste. Mayo, junio y julio son los meses de aguas altas, coincidiendo la fusión nival con el recrudecimiento de las precipitaciones. Conviene destacar que dentro de estos tres meses las máximas precipitaciones caen en mayo, mientras la escorrentía tiene su mayor aportación en junio, que por esta razón ofrece un gran superávit en el balance hidrológico. El máximo de junio (20,68 m³/sg. y 53,61 Hm³) es superior al doble del caudal medio y se prolonga aunque más débilmente durante el mes de julio (12,45 m³/sg. y 33,35 Hm³). Agosto, septiembre y octubre se mantienen a un nivel similar sensiblemente por encima de los bajos caudales invernales.

El Noguera de Tor en Llesp dispone aún de una gran influencia nival, que viene dada por el hecho de que el 24 % de las precipitaciones sirve para crear la reserva invernal de nieve. Su distribución mensual de caudales y ese papel de la nieve son prácticamente similares a los del N. Ribagorzana en Ginaste.

A la altura de Pont de Suert el río ha recibido ya a sus afluentes más importantes de cabecera y su régimen muestra una síntesis de influencias matizada por el hecho de abarcar una superficie de cuenca más grande. Su modelo de escorrentía es muy parecido al del Noguera Tor en Llesp y al de Ginaste en el río principal, si bien los máximos y los mínimos aparecen con mayor moderación. Sigue dándose el mínimo invernal, todavía más acusado que el estiaje de agosto, a pesar de que es en este mes cuando las precipitaciones alcanzan su nivel más bajo. En febrero el Noguera Ribagorzana lleva 8,83 m³/sg. y 22,14 Hm³. La fusión parece adelantarse algo con respecto a aguas arriba, pues ya en abril (19,97 m³/sg. y 51,75 Hm³) se rebasa el caudal medio anual. En junio, fecha del máximo anual (35,32 m³/sg. y 91,55 Hm³) se duplica la media anual, pero no con la misma intensidad que en Llesp. En cualquier caso, sigue apreciándose una importante influencia nival, con superávit en el balance hidrológico de mayo, junio y julio, sólo que aquí la fusión comienza a sentirse algo antes que en cabecera.

Tabla n.º 48
PROBABILIDAD DE ALCANZAR LAS APORTACIONES (HM.ª)
MENSUALES Y ANUALES QUE SE INDICAN
 Estación de aforo: PONT DE SUERT Río: N. RIBAGORZANA

<u>Probabilidad</u>	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	ANUAL
10%	70,65	83,31	44,22	48,18	34,42	53,04	74,98	109,0	122,5	75,73	54,33	58,10	725,98
25%	45,14	55,40	37,22	35,34	26,84	42,11	62,10	93,03	106,2	64,88	40,08	45,67	643,18
50%	30,21	34,54	29,67	24,77	20,37	32,62	49,74	78,26	89,76	55,10	30,43	34,49	552,63
75%	21,63	21,03	22,02	17,14	15,46	25,26	39,21	66,04	74,96	47,15	24,16	25,60	463,55
95%	14,49	9,83	11,00	9,83	10,40	17,47	26,92	51,96	56,38	38,12	18,29	16,12	338,25
99%	11,40	5,56	3,28	6,53	7,87	13,50	20,12	44,06	45,19	33,10	15,48	11,33	253,01
Transformación	- .5	.1	1,0	.1	log	log	.3	-.1	.4	-.3	-.7	.2	.9
Asimetría original	3,394	1,201	-0,030	1,111	0,818	0,908	0,483	1,062	0,697	0,503	3,377	0,763	0,039
Asimetría final	0,064	0,053	-0,030	0,015	0,014	0,021	-0,024	0,018	-0,027	-0,004	-0,049	0,020	0,036
x 1	0,140	0,117	-0,065	0,032	0,030	0,047	-0,052	0,040	-0,059	-0,009	-0,107	0,045	-0,078
x ²	0,394	0,448	0,011	0,002	0,282	0,002	0,199	1,532	3,768	0,615	0,248	0,010	0,123

En julio el caudal (21,34 m³/sg. y 57,16 Hm³) sigue estando por encima de la media y en agosto y septiembre no puede hablarse en realidad de auténtico estiaje. Seguimos, pues, con un régimen nivo-pluvial y, de hecho, a la altura de Pont de Suert el 21 % de las precipitaciones quedan retenidas en forma de nieve, para su posterior fusión.

Dejando a un lado el aforo de Puente de Montañana (vid. 3.2.), cerca de su desembocadura en el Segre, el río Noguera Ribagorzana dispone de otro aforo en Piñana. Sin embargo, la instalación de varios embalses aguas arriba de dicho aforo imposibilita la elaboración de datos muy fiables. Con objeto de disponer de algún punto de referencia hemos separado de la serie total los datos de 1947-48 a 1954-55, fecha esta última en la que se construye el embalse de Santa Ana. Los resultados no pueden ser utilizados en modo alguno de manera indiscriminada, pues la serie es muy corta (8 años) y no coincide con la de Pont de Suert, con la que hubieran podido realizarse interesantes comparaciones.

Las medias mensuales de estos años en Piñana muestran un esquema de distribución muy parecido al de Pont de Suert, sólo que lógicamente con más caudal; no mucho más, por otra parte, porque entre Pont y Piñana el Noguera Ribagorzana no recibe ningún afluente importante. Se aprecia la disminución de caudal invernal, casi de la misma intensidad que en Pont, y una recuperación a partir de abril que lleva a duplicar el caudal medio anual en junio (40,20 m³/sg. y 104,2 Hm³). En julio el caudal ha disminuido ya mucho, aunque durante el verano no cabe hablar de aguas muy bajas.

3.4.8. Estudio comparado del régimen de las diferentes cuencas

A lo largo de las páginas anteriores se ha podido comprobar que existen importantes diferencias entre unas cuencas y otras desde el punto de vista de la distribución mensual de caudales. Y todo ello porque la penetración de las influencias oceánicas se detiene poco más al Este de la cabecera del río Aragón. Por otra parte, las características altitudinales de cada cuenca introducen un factor de variación de cara a la reserva de nieve y la rapidez de su fusión. Es precisamente la nieve la que origina las mayores diferencias entre unas cuencas y otras, en función de su volumen, época en que funde y capacidad para crear una cierta reserva hídrica de cara el verano.

Las conclusiones que puedan establecerse en una comparación de los regímenes fluviales son las siguientes:

a) Los máximos y mínimos tienden a atenuarse siempre en los cursos medio y bajo de los ríos, porque el régimen se hace más complejo y menos dependiente de una sola variable.

b) El coeficiente de retención nival depende del tamaño de la cuenca y de la distribución altimétrica de la misma. Por ello los coeficientes más elevados, superiores al 25 % del total de precipitaciones, aparecen en las cabeceras del Aragón (Canfranc), Gállego (Búbal), Ara (Torla), Cinca (Moli-

no de Gistaín), Esera (Villanova) y Noguera Ribagorzana (Palanca de San Nicolau y Caldas de Bohí). En términos generales, los mayores coeficientes deberían corresponder a la cuenca del río Aragón, por la importancia de sus precipitaciones invernales, pero el relieve —que en ningún caso rebasa los 3.000 y se suaviza mucho hacia el Oeste— lo impide. Por el contrario, en la cuenca del Cinca, Ara y Esera, con relieves muy elevados, el coeficiente es inferior al esperado porque el invierno coincide con un bajón en las precipitaciones. Con todo, el volumen acumulado durante la estación fría es muy importante, pues la reserva nival sigue creándose hasta mediados de abril en las zonas más elevadas. Dentro de las estaciones básicas, la de Pont de Suert es la más influida por el papel de la nieve, seguida por Graus, El Grado y Santa Eulalia; el aforo de Yesa queda descolgado por la escasa importancia nival del río Esca y de los afluentes de la margen izquierda. Por supuesto, los ríos prepirenaicos presentan un régimen en el que la nieve queda completamente enmascarada por las precipitaciones líquidas.

c) En la mayoría de los afloros se aprecia un considerable descenso en la escorrentía de los meses invernales; es lo que podemos llamar, forzando el término, estiaje invernal, que aparece con diferente intensidad y que en algunos casos ni siquiera se presenta. Este fenómeno está íntimamente relacionado con la retención de las precipitaciones en forma sólida en la cabecera, con caudales que a veces no llegan a la tercera parte del caudal medio anual (Canfranc, Torla, Molino de Gistaín y, en menor medida, Villanova). No obstante, el estiaje invernal coincide en algunas cuencas con la disminución de las precipitaciones, con lo que ambos procesos se unen para acentuar el período invernal de bajos caudales (Cinca y Esera, sobre todo).

Es importante constatar que la escorrentía de invierno aumenta aguas abajo, por cuanto el río drena superficies mayores que incluyen territorios menos elevados. En ese caso las precipitaciones caen progresivamente más en forma líquida y apenas hay reducción de las aportaciones. Así, por ejemplo, en el río Gállego a la altura de Anzánigo y Santa Eulalia. En el Grado y Graus se aprecia una mayor proporción relativa de los caudales de diciembre, enero y febrero, pero todavía puede hablarse de estiaje invernal, en este caso debido al propio régimen de precipitaciones.

Incluso puede hablarse de estaciones de aforo en las que el invierno no representa descenso alguno de caudal. Son éstas las incluidas dentro del sector más oceánico de la provincia, donde las precipitaciones se dan sobre todo en estación fría y donde el relieve no permite la constitución de una gran reserva nival. Se trata, sobre todo, del aforo de Sigüés, en el río Esca, que tiene su máximo precisamente en febrero, aunque el fenómeno también se da con menor intensidad en el río Vera. Por esta razón, el aforo de Yesa presenta aguas elevadas de diciembre a marzo, anunciando las subidas primaverales. Este fenómeno se da también en los pequeños ríos prepirenaicos en los que el caudal se mantiene a buen nivel durante el invierno e incluso alcanzan su máximo anual en el mes de marzo.

d) La primavera supone en general un incremento de caudales, cuya intensidad depende esencialmente de la fusión nival. En los afloros de cabe-

cera, hasta abril no se aprecia una clara recuperación de los escasos caudales invernales, siendo mayo, y sobre todo junio, los meses en que se producen los máximos, por ser ésta la época más afectada por la fusión de la nieve; es más, algunos aforos retrasan el despegue hasta mayo (Villanova, Palanca de San Nicolau, Caldas de Bohí), por su altitud dentro de la cuenca o por la importancia de la continentalidad. Lo cierto es que en el centro y este de la provincia hay numerosos aforos en los que el máximo tiene lugar en el mes de junio, lo que demuestra una marcada influencia nival unida a la intensificación de las precipitaciones. En el tramo más occidental de la provincia junio señala precisamente la frontera del estiaje, lo que de nuevo establece diferencias en el régimen fluvial.

En el curso medio y bajo el incremento primaveral suele comenzar en marzo, sobre todo en los ríos más occidentales, mientras que en el centro y este de la provincia (Ara, Cinca, Esera y Noguera Ribagorzana) todavía es necesario esperar hasta abril. Está claro, pues, que el proceso de fusión de la nieve tiende a adelantarse al menos un mes en la cuenca del Aragón, porque las temperaturas primaverales son más suaves (influencia oceánica) y los relieves son menos elevados.

Para llegar a conclusiones más detalladas acerca de la época de comienzo y fin de la fusión se consultaron los datos diarios de aquellas estaciones que a priori podían estar más influidas por el proceso de fusión. Fueron éstas: Javierregay, Jaca, Torla, Molino de Gistaín, Villanova, Noales, Ginaste, Caldas de Bohí y Palanca de San Nicolau. Año tras año, se estimó aproximadamente la fecha de comienzo y de agotamiento de la fusión. La primera puede establecerse —salvo excepciones— con cierta facilidad, pues tras los caudales muy bajos del invierno había un momento en que comenzaban a incrementarse hasta estabilizarse en un nivel elevado. Ese salto tiene lugar en un breve espacio de tiempo y coincide generalmente con algún período de precipitaciones más tibias que ya no quedan retenidas en forma sólida y que incluso provocan una importante fusión. Pero el final de la fusión es más difícil de determinar. Los caudales primaverales se van agotando progresivamente y no puede hablarse de un claro umbral que marque el final del proceso. De forma objetiva decidimos adoptar como fecha de fin de fusión aquélla en la que se iguala aproximadamente el caudal del comienzo de fusión. En realidad, con posterioridad a esa fecha, la escorrentía sigue ligada todavía a la fusión de algunos neveros, pero su incidencia disminuye considerablemente. Otras veces la fecha de fin de fusión queda enmascarada por la actividad tormentosa del verano, sobre todo en el centro y este de la provincia.

Los resultados obtenidos en cada aforo han servido para calcular fechas medias de comienzo de fusión, cuyos resultados muestran que aquéllas se retrasan progresivamente hacia el Este. En Javierregay tiene lugar por término medio hacia finales de marzo y principios de abril, en Jaca hacia el 20-25 de abril, en Torla hacia el 25 de abril, en Molino de Gistaín entre el 25 y el 28 de abril, en Villanova entre el 27 y el 30 de abril, en Ginaste entre el 20 y el 25 de abril y en Caldas de Bohí y Palanca de San Nicolau en la primera semana de mayo. Así, el sector comprendido entre la cabe-

cera del Ara y la del Esera, con los macizos más elevados y la primavera más fría, es el que retrasa más el comienzo de la fusión, que alcanza su apogeo muy posteriormente.

Para la fecha del fin de fusión se actuó de igual manera. En Javierregay la fusión como factor determinante puede darse por concluida hacia el 15-18 de junio, en Jaca hacia el 24 de junio, en Torla el 20 de julio, en Molino de Gistaín entre el 10 y 15 de julio, en Villanova entre el 25 y el 30 de julio, en Ginaste hacia el 15 de julio y en Caldas de Bohí y Palanca de San Nicolau entre el 6 y el 10 de julio, si bien algo más tardíamente en Caldas; en Noales la fecha se sitúa hacia el 28-30 de junio. En el final de la fusión lo más importante no es ya la posición más o menos occidental, sino la presencia de elevados macizos en los que se crea una gran reserva de nieve que tarda mucho en fundir. Como es lógico, los valles del Ara y del Esera (había que añadir también el alto Cinca) son los más favorecidos en este sentido, sobre todo el Esera, que en ocasiones prolonga las aguas altas de fusión hasta primeros y mediados de agosto.

e) La importancia de los estiajes de verano introduce también un nuevo factor de diferenciación. El descenso de caudal se inicia muy pronto en la cuenca del Aragón, donde además los estiajes son muy profundos. Y así, el mes de julio acusa el descenso de las precipitaciones tras el temprano agotamiento de la reserva nival; incluso el río Esca atraviesa por período de aguas bajas ya desde el mes de junio. Pero, además, es que se llega a niveles de auténtica penuria en agosto, mes en el que es normal que el río lleve la cuarta parte del caudal medio anual.

Conforme analizamos aforos más orientales el estiaje se presenta más tardíamente y julio posee un nivel más que aceptable. Por otra parte, agosto y septiembre no atraviesan por momentos muy críticos, todo ello debido a la influencia de los neveros de cabecera y a la actividad tormentosa. El fenómeno, que todavía es incipiente en el río Gállego, se acentúa en el Cinca, Esera y Noguera Ribagorzana, hasta el punto de que el mínimo de verano se desplaza en algún caso hacia octubre (Villanova y Ginaste).

De esta forma, nos encontramos: a) con unos ríos que experimentan una pequeña retención invernal y sufren, por el contrario, una gran sequía en verano, con lo que el mínimo anual se da entre julio y septiembre; estos ríos tienen un mínimo secundario invernal muy poco acusado. b) En el extremo opuesto aparecen aquellos otros ríos cuyo mínimo aparece en invierno con cifras bajísimas (Esera en Villanova, Ara en Torla, Cinqueta en Molino de Gistaín, Noguera Ribagorzana en Ginaste y Noguera de Tor en Llesp, Palanca de San Nicolau y Caldas de Bohí). El descenso de caudal de verano es mucho menos pronunciado.

Es evidente que en los ríos prepirenaicos —que quedan al margen de lo señalado anteriormente— los estiajes son de verano y además muy profundos. En ellos el descenso de caudal se manifiesta claramente en mayo por su dependencia de las precipitaciones. El nivel más bajo se alcanza en julio, mientras agosto refleja una cierta actividad tormentosa.

f) Los meses otoñales son en toda la provincia los que presentan un mayor coeficiente de variación por su estrecha dependencia de las precipi-

taciones, muy fluctuantes en esa época. Por el contrario, los meses de abril, mayo y junio poseen la menor variación, por cuanto la fusión nival, que se da todos los años en el mismo período, aumenta la regularidad. Esta afirmación no es válida para los ríos más oceánicos, que en ese momento dependen ya sólo de las precipitaciones. De todas formas, para cualquier mes del año, los ríos prepirenaicos son los que tienen la máxima variabilidad, por la escasa capacidad autoreguladora de sus cuencas.

3.4.9. Influencia de la variación estacional de los derrames del Pirineo central en el régimen del Ebro

Si ya había importantes dificultades para estudiar el papel de la aportación anual de los ríos oscenses en el caudal del Ebro, es lógico suponer que tales dificultades aumentan mucho si el problema se analiza a nivel mensual. Para empezar, se mantiene el hecho de que las series que se suman y se comparan tienen diferente longitud. En segundo lugar, los datos que hemos manejado en los aforos oscenses han sido naturalizados para estudiar el régimen real, cosa que no ha sucedido con los aforos del Ebro, que han sido tomados por nosotros tal como aparecen en el *Anuario de aforos de 1970-71 a 1973-74*. Puede haber por esta razón diferencias sensibles y que deben ser tenidas en cuenta, dado el gran número de embalses que regulan y alteran el régimen del Ebro. Aún hay otro problema adicional, y es que, como se recordará, al naturalizar los caudales sumábamos en su caso las derivaciones de los canales; por el contrario, los datos disponibles sobre el Ebro no tienen en cuenta este fenómeno y dan cifras inferiores a las que realmente drena el río. En definitiva, el presente apartado sólo puede llegar a conclusiones aproximadas; su único objetivo es averiguar cómo evoluciona el régimen del Ebro tras la incorporación de sus afluentes oscenses y ver en qué época esos afluentes tienen su mayor peso.

Para estudiar el régimen del Ebro antes y después de recibir a los ríos Aragón, Gállego y Cinca-Segre, contamos con los aforos de Mendavia (aguas abajo de Logroño) y de Flix y Tortosa en la provincia de Tarragona.

Por lo que respecta a los ríos oscenses, hemos sumado las aportaciones medias de todos ellos en cada mes para construir una especie de régimen provincial. Para ello, tal como hemos hecho en un apartado anterior, al río Noguera Ribagorzana sólo se le ha contabilizado el caudal aproximado correspondiente a la provincia de Huesca, y a los datos del Aragón en Yesa se le han descontado los volúmenes del Esca en Sigüés. Hechos estos cálculos, el conjunto de los ríos oscenses tiene dos períodos de aguas altas; el máximo principal comienza en marzo y se prolonga hasta junio, con mayores aportaciones durante mayo; el máximo secundario es más corto y se presenta en noviembre. El mínimo principal es de verano, más acentuado en agosto, aunque no puede hablarse de gran sequía. El mínimo secundario se da en invierno, especialmente en febrero. Se trata, pues, de un régimen que refleja de hecho la curva de caudales de los ríos más importantes, aunque se deja sentir sobre todo el mayor peso del río Cinca.

Tabla n.º 49

APORTACION MENSUAL DEL EBRO Y DE ALGUNOS DE SUS AFLUENTES

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Ebro en Mendavia	m ³ /sg Hm ³	62,3 167	103,3 268	189,4 507	213,3 571	213,4 516	296,8 795	212,0 549	113,1 303	75,8 196	44,0 118	41,3 111	44,4 115
Ebro en Flitx	m ³ /sg Hm ³	338,0 905	494,0 1280	638,0 1708	710,0 1904	664,0 1606	736,0 1971	594,0 1547	506,0 1355	463,0 1200	206,0 552	154,0 412	205,0 531
Ebro en Sástago	m ³ /sg Hm ³	131 351	282 731	428 1173	479 1283	448 1084	448 1200	343 889	257 688	174 451	65 174	49 131	182 472
Ebro en Tortosa	m ³ /sg Hm ³	335 897	565 1464	720 1928	735 1968	561 1841	881 2359	736 1908	679 1818	567 1470	255 683	242 648	189 490
Arga en Peralta	m ³ /sg Hm ³	31,7 85	74,4 193	98,5 264	98,7 264	93,5 226	91,3 244	79,2 205	51,5 138	26,8 69	13,4 36	9,5 25	13,8 36
Aragón en Caparroso	m ³ /sg Hm ³	43,1 115,4	88,0 228,1	107,4 287,6	106,9 286,3	116,8 282,5	135,7 363,4	119,6 310,0	98,9 264,8	105,0 272,2	28,2 75,5	19,7 52,7	23,3 60,4
Segre en Serós	m ³ /sg Hm ³	97,5 261	99,4 258	100,2 268	97,8 262	97,0 235	110,0 294	102,9 267	131,1 351	138,6 359	82,8 222	64,0 171	72,2 187
Cinca + Segre	m ³ /sg Hm ³	181,7 486,6	186,4 483,5	172,7 462,2	168,4 451,2	167,2 405,6	220,7 590,5	199,0 516,2	238,9 639,6	274,1 710,3	129,0 345,8	96,5 258,3	115,5 299,3

Tabla n.º 50

APORTACION MENSUAL DE LOS RIOS DE LA PROVINCIA DE HUESCA

Río y estación de aforo	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Aragón en Yesa (1)	26,7	43,1	34,9	40,7	44,1	53,3	57,1	66,2	49,1	22,0	24,8	15,4
	m^3/sg											
	Hm^3	71,7	111,7	93,4	109,0	105,0	142,6	148,1	177,3	127,3	59,1	39,7
												40,1
Gállego en Santa Eulalia	20,1	32,1	25,8	31,5	30,3	41,7	43,5	48,1	42,4	21,3	14,1	16,4
	m^3/sg											
	Hm^3	53,9	83,3	69,1	84,5	75,9	112,8	129,0	109,9	57,1	37,8	42,5
Cinca en Fraga (2)	84,2	87,0	72,5	70,6	70,2	110,7	96,1	107,8	135,5	46,2	32,5	43,3
	m^3/sg											
	Hm^3	225,6	225,5	194,2	189,2	170,6	249,2	288,6	351,3	123,8	87,3	112,2
N. Ribagorzana en Piñana (3)	6,5	5,8	6,3	4,5	4,5	7,6	9,2	13,9	16,1	8,1	6,2	5,8
	m^3/sg											
	Hm^3	17,3	15,2	16,8	12,0	20,5	23,7	37,2	41,6	21,7	16,5	14,9
T O T A L	137,5	168,0	139,5	147,2	149,0	213,3	205,9	236,0	243,1	97,6	77,6	80,9
	m^3/sg											
	Hm^3	368,5	435,7	373,5	394,7	372,0	547,3	632,1	630,1	261,7	181,3	209,7

(1) Descontada la aportación del río Esca en Sigüés.

(2) Se basa en el período 1947-1965, que es más seco de lo normal.

(3) Incluyendo sólo la parte proporcional procedente, según estimación propia, de la provincia de Huesca.

El esquema precedente contrasta mucho con el régimen original del río Ebro, por lo que éste verá transformarse su escorrentía conforme se incorporan sucesivos afluentes que en parte proceden de la provincia de Huesca y que son precisamente los de mayor importancia.

En efecto, en Mendavia el Ebro tiene un máximo claramente invernal como consecuencia de su ascendencia oceánica. Marzo es el mes de aguas más abundantes, seguido de febrero, enero y abril. En mayo el caudal ha descendido notablemente y el estiaje, con mínimo en agosto, es bastante profundo, pues le supera incluso el río Cinca en Fraga.

En Sástago el río Ebro ha recibido ya al Aragón y al Gállego. Sin embargo, el primero —junto con el Arga— no hace sino confirmar el papel de las influencias oceánicas. El Aragón en Caparrosos tiene su máximo en marzo-abril-febrero, olvidando ya su pequeña influencia nival de cabecera conforme recibe aguas navarras. Por supuesto, el Arga, más oceánico todavía, tiene su máximo en diciembre y enero y un estiaje muy profundo. El Gállego desagua poco caudal en el Ebro como para transformarlo, después de haber sido sangrado por numerosos canales y acequias. De ahí que en Sástago el Ebro mantenga bien destacado su máximo invernal que ha desplazado hasta enero con una disminución relativamente rápida a partir de abril.

Va a ser la llegada del complejo Cinca-Segre la que ejerza una mayor transformación del régimen del Ebro. Téngase en cuenta que esos dos ríos aportan bastante más de la mitad del caudal que llevaba hasta entonces el Ebro (suma del Cinca-Segre, 5.649,1 Hm³ al año y el Ebro en Sástago 8.577 Hm³) y que algunos meses llevan una cantidad de agua superior al Ebro¹⁶. De esta forma, en Flix, aunque al máximo sigue siendo invernal (marzo-enero-febrero), los caudales de primavera se mantienen mucho más altos y prolongan hasta el mes de julio el período de aguas altas. La incorporación del Cinca-Segre impide, pues, que los caudales desciendan bruscamente después de marzo y evita que el estiaje sea tan profundo como sería de no mediar la influencia del Pirineo Central.

Comparando la aportación mensual media del Ebro en Sástago y la de la totalidad de los ríos oscenses se comprueba que estos últimos son más caudalosos que el río principal en octubre, junio, julio y agosto, todos ellos (excepto octubre) en que la nieve y las lluvias de fin de primavera y comienzos de verano desempeñan un importante papel. En los restantes meses el Ebro aventaja a los ríos oscenses, en ocasiones con gran diferencia, sobre todo de diciembre a marzo, pues se deja sentir la influencia oceánica y la escorrentía de los afluentes procedentes del Sistema Ibérico.

¹⁶ Recordamos el carácter meramente aproximativo de los datos incluidos aquí, por lo que deben de ser manejados con suma prudencia.

3.5. LAS CRECIDAS

Hasta ahora hemos tratado situaciones medias, a nivel anual y mensual, que sirven para caracterizar el funcionamiento hidrológico de los ríos oscenses. Sin embargo, con frecuencia, los cursos de agua experimentan grandes pulsaciones de su aportación diaria, que se presentan unas veces de forma violenta (crecidas) y otras se vienen anunciando conforme las lluvias escasean y disminuyen las reservas de cabecera (estiajes). En el presente apartado nos centraremos en el estudio de las grandes avenidas fluviales.

Uno de los criterios más utilizados y significativos para determinar la irregularidad de un río se centra en la importancia de sus caudales extremos. Los ríos regulares son aquéllos que no presentan oscilaciones muy fuertes de su volumen de agua. Pocos son los ríos que escapan a una mayor o menor irregularidad, pues casi todos los medios climáticos están sometidos a situaciones catastróficas periódicas o aperiódicas. Y, concretamente, el medio en que nos desenvolvemos entra dentro de lo que podríamos llamar área de transición entre el mundo oceánico y el mediterráneo. No obstante, por las características de las cuencas y por el tipo de precipitaciones no se alcanzan aquí avenidas del signo de las típicamente mediterráneas. Es más, son raras las veces en que pueda hablarse de auténticas catástrofes. Ello no impide, sin embargo, que las aguas rebasen frecuentemente sus cauces y se desparramen sobre un hecho mayor ocupado por cultivos y que a veces se destruyan determinadas obras públicas. Ello ocurre con distinta frecuencia e intensidad en unos ríos que en otros.

Para hablar de crecidas hemos partido siempre de los datos máximos medios diarios. El límite cuantitativo a partir del cual puede hablarse de crecidas lo hemos establecido inicialmente en 5 Qm., es decir, en aquellos caudales que superasen en 5 veces al caudal medio anual. Dicho límite ha sido aplicado por varios autores (Davy, 1978) y permite obtener resultados significativos en la mayor parte de los casos.

* * *

En la elaboración estadística de los datos sobre crecidas hemos seguido centrados en el período básico de 1947-48 a 1973-74. Sin embargo, como quiera que se necesita un número mínimo de años para obtener resultados significativos, se han dejado de lado los aforos con serie inferior a 10 años (Canfranc, Búbal, Torla, Fiscal, Jánovas, Noales...).

En el caso de estaciones de aforo con embalses construidas a mediados de ese período básico, no ha quedado más remedio que considerar independientes los datos anteriores y posteriores al embalse. De esta forma, el río Aragón en Yesa cuenta con dos series, la primera de las cuales dispone de sólo 7 años. Sus datos no pueden ser considerados como totalmente válidos, pero lo cierto es que no deben despreciarse por su importancia y su carácter comparativo. En mayor o menor medida sucede lo mismo con los aforos de El Grado, Fraga y Piñana.

Tabla 51
CARACTERISTICAS DE ALGUNOS REGISTROS MAXIMOS DEL PERIODO 1950-1974

Aforo	Río	Máx. instant. (Qci)	Fecha	Qci/Q	Caudal específico (l/sg/km ²)
Yesa	Aragón	1.560,5	XI-1966	31	712
Jaca	Aragón	313,5	XI-1966	38	1.317
Sigüés	Esca	537,6	XII-1962	48	1.062
Zuriza	Veral	106,2	XI-1968	48	2.259
Anzánigo	Gállego	812	X-1960	29,4	583
Sta. Eulalia	Gállego	670	XI-1965	22	352
Boltaña	Ara	1.926	XI-1966	90	3.076
Villanova (1)	Esera	150	XI-1965	12,5	464
Graus (1)	Esera	995	VIII-1963	46,5	1.114
Capellá	Isábena	370	VIII-1963	60	868
Lascellas	Alcanadre	290	XI-1967	60	579
Barbastro	Vero	287	X-1965	107	837
Fraga (2)	Cinca	2.201	X-1965	25	229

(1) En contra de lo que cabría esperar, el caudal específico es superior en Graus que en Villanova, pero ello se explica por las pérdidas de cabecera que reducen las crecidas a nivel de esta última localidad. Además conviene tener en cuenta la existencia de un mayor predominio de rocas poco permeables en el tramo de cuenca drenado por el aforo de Graus.

(2) Para Fraga existe con posterioridad (crecida de noviembre de 1982) un registro superior al señalado en la tabla, con más de 3.500 m.³/sg. (ver García Ruiz, Puigdefábregas y Martín Ranz, 1983).

3.5.1. La importancia relativa de las crecidas

En el tamaño de las crecidas influye, en primer lugar, la superficie de la cuenca, lo que resulta evidente por el volumen de precipitaciones que puede recibirse. Por ello, es normal que el Cinca, a la altura de Fraga, ostente el record de caudal, tanto en los máximos diarios como en los instantáneos. Asimismo, cuando se contemplan series más largas (con datos anteriores a 1947) el Cinca en El Grado cuenta con cifras más elevadas que el Aragón en Yesa. Las cuencas de superficies más reducidas (las prepirenaicas, los afluentes del Aragón, etc.) sufren en términos absolutos avenidas menos voluminosas. Sin embargo, intervienen, además de la superficie, otros factores que acentúan o reducen el papel de las grandes precipitaciones. Y, así, se consideran factores favorables la pendiente, la ausencia o escasa cobertura de la vegetación, la densidad de la red de drenaje y el tipo de roquedo. Como consecuencia de ello, los coeficientes específicos varían mucho de unas cuencas a otras e incluso los mayores se inclinan del lado

de las cuencas más pequeñas. Algunos ríos aportan caudales muy desproporcionados para el tamaño de su cuenca, lo que significa que intervienen algunos de los factores señalados anteriormente.

En la tabla 73 se incluyen los máximos registros de la serie estudiada en aquellas estaciones que cuentan con limnógrafo. Destaca especialmente la cifra del río Ara —que cuenta además con otras crecidas casi tan elevadas— y del río Veral en Zuriza. A su vez interesa destacar que el río Vero ha llegado a multiplicar por 107 su caudal medio anual.

3.5.2. La estacionalidad de las crecidas

En el apartado precedente hemos visto que la importancia de las crecidas varía mucho de unas cuencas a otras y que no puede establecerse una relación lineal entre avenidas y superficies de cuenca. En el presente epígrafe comprobaremos además que las grandes crecidas no son casi nunca sincrónicas en el conjunto de la provincia. Cada cuenca posee un ritmo de presencia de avenidas en función de una serie compleja de factores, entre los que destaca el papel de la nieve y la penetración de influencias oceánicas o mediterráneas con mayor o menor profundidad.

Conviene señalar —y esto es muy importante— que haremos referencia a:

a) El caudal máximo diario anual, es decir, el volumen máximo alcanzado cada año.

b) Las crecidas en general, limitadas a aquéllas que superan cinco veces el caudal medio anual (5 Qm.).

En la cuenca del Aragón existe una doble tendencia, más predominante en unos aforos que en otros: el máximo de cada año aparece en primavera o invierno, con la excepción matizada de Jaca y Javierregay. En Jaca el máximo anual se presenta en la misma proporción en otoño o primavera y en Javierregay el otoño supera sensiblemente a la primavera; en ambas estaciones el invierno es una época en que raras veces se da el máximo del año.

Sin embargo, conforme avanzamos hacia el Oeste el otoño va perdiendo importancia y su puesto lo recoge el invierno, que en Biniés aún queda por debajo de la primavera pero que en Zuriza es la estación de mayor peso. En Sigüés no existe ningún máximo anual registrado en otoño, mientras más del 50 % de esos máximos se dan en invierno. Por último, Yesa tiende a presentar un equilibrio con el conjunto de su cuenca. La larga serie de 1913 al 55 presenta un claro predominio de la primavera, pero la más corta de 1956-73 desplaza los máximos anuales hacia el invierno.

En definitiva, la cabecera del Aragón y el Subordán siguen teniendo un mayor peso de las influencias nivales y anuncian las influencias mediterráneas de más al Este. Durante el invierno, aunque haya crecidas, éstas no alcanzan volumen suficiente para alzarse con el máximo anual: parte de la precipitación queda retenida en la parte alta en forma de nieve, lo que re-

Tabla n.º 52

EPOCA EN QUE SE PRODUCE EL MAXIMO DIARIO ANUAL
(Número de ocurrencias y % del total)

	<u>Primaver.</u>	<u>Verano</u>	<u>Otoño</u>	<u>Invierno</u>	<u>TOTAL</u>
Jaca (1946-73)	9(34,6)	5 (9,2)	9(34,6)	3(11,5)	26
Javierregay (1956-73)	5(27,7)	3(16,6)	8(44,4)	2(11,1)	18
Zuriza (1953-72)	6(33,3)	1 (5,5)	3(16,6)	8(44,4)	18
Biniés (1949-71)	9(29,1)	2 (8,6)	5(21,7)	7(30,4)	23
Sigüés (1950-73)	9(37,5)	1 (4,1)	---	14(58,3)	24
Yesa (1913-1955)	17(48,5)	3 (8,5)	7(20,0)	8(22,8)	35
Yesa (1956-1973)	5(27,7)	2(11,1)	2(11,1)	9(50,0)	18
Anzánigo (1949-73)	10(41,6)	4(16,6)	6(25,0)	4(16,6)	24
Sta, Eulalia (1948-73)	10(38,4)	2 (7,6)	9(34,6)	5(19,2)	26
Boltaña (1959-73)	3(21,4)	---	9(69,2)	2(14,2)	14
Boltaña (1951-73)	7(31,8)	2 (9,0)	11(50,0)	2 (9,0)	22
Ainsa (1959-1973)	3(20,0)	2(13,3)	9(60,0)	1 (6,6)	15
El Grado (1947-58)	4(33,3)	3(25,0)	2(16,6)	3(25,0)	12
El Grado (1960-1973)	3(21,4)	4(28,5)	6(42,8)	1 (7,1)	14
Villanova (1951-73)	6(26,0)	10(43,4)	7(30,4)	---	23
Graus (1949-73)	9(36,0)	8(32,0)	7(28,0)	1 (4,0)	25
Capella (1951-73)	5(26,3)	7(36,8)	7(36,8)	---	19
Barasona (1949-73)	8(32,0)	9(36,0)	6(24,0)	2 (8,0)	25
Lascellas (1952-69)	5(27,7)	2(11,1)	5(27,7)	6(33,3)	18
Peralta (Alc) (1947-68)	7(31,8)	4(18,1)	9(40,9)	2 (9,0)	22
Barbastro (1947-68)	4(18,1)	6(27,2)	7(31,8)	5(22,7)	22
Fraga (1947-65)	6(33,3)	4(22,2)	6(33,3)	2(11,1)	18
Fraga (1966-73)	3(37,5)	1(12,5)	3(37,5)	1(12,5)	8
Caldas Bohí (1946-60)	3(20,0)	9(60,0)	3(20,0)	---	15
S. Nicolau (1946-60)	3(20,0)	10(66,6)	2(13,3)	---	15
Ginaste (1962-73)	2(16,7)	5(41,6)	5(41,6)	---	12
P. de Suert (1952-73)	2(10,0)	7(35,0)	9(45,0)	2(10,0)	20
Piñana (1947-56)	5(50,0)	3(30,0)	---	2(20,0)	10
Piñana (1957-73)	6(35,3)	6(35,3)	3(17,6)	2(11,8)	17

Tabla n.º 53

MES Y EPOCA EN QUE SE PRODUCEN LAS CRECIDAS
SUPERIORES A 5 VECES EL CAUDAL MEDIO ANUAL

(Los números entre paréntesis indican porcentajes sobre el total de crecidas registradas)

Estación	D		E		F		INVIERNO		M		A		M		PRIMAVERA		J		J		A		VERANO		S		O		N		OTONO		Nº TOTAL CRECIDAS					
	2	4	5	1	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1			
Yesa (1946-55)	2	4	5	11(50)	4	2	4	10(45)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	22		
P. de Suert (1952-73)	1	-	-	1(5,5)	1	1	1	3(16,6)	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18		
Boltaña (1960-73)	2	4	2	8(19,5)	4	3	1	8(19,5)	5	1	1	5	1	1	7	(17,0)	4	4	10	18(44,0)	4	1	0	18	(44,0)	4	4	10	18(44,0)	4	1	0	18(44,0)	4	1	0	18(44,0)	41
Ainsa (1959-73)	1	3	1	5(14,2)	-	3	3	6(17,1)	5	-	1	6	(17,1)	5	4	9	18(51,4)	5	4	9	18(51,4)	5	4	9	18(51,4)	5	4	9	18(51,4)	5	4	9	18(51,4)	35				
Zuriza (1953-72)	7	8	1	16(34,0)	7	2	5	14(29,7)	3	-	-	3	(6,3)	2	4	8	14(29,7)	2	4	8	14(29,7)	2	4	8	14(29,7)	2	4	8	14(29,7)	2	4	8	14(29,7)	47				
Villanova (1951-73)	-	-	-	----	-	1	5	6(26,0)	5	3	1	9	(39,1)	3	1	4	8(34,5)	3	1	4	8(34,5)	3	1	4	8(34,5)	3	1	4	8(34,5)	3	1	4	8(34,5)	23				
El Grado (1947-58)	3	1	1	5(21,7)	5	2	2	9(39,1)	4	-	-	4	(17,3)	3	1	1	5(21,7)	3	1	1	5(21,7)	3	1	1	5(21,7)	3	1	1	5(21,7)	3	1	1	5(21,7)	23				
Sta. Eulalia (1948-73)	3	8	7	18(26,4)	11	8	6	25(36,7)	5	1	1	7	(10,2)	4	5	9	18(26,4)	4	5	9	18(26,4)	4	5	9	18(26,4)	4	5	9	18(26,4)	4	5	9	18(26,4)	68				
Graus (1949-73)	-	1	-	1(2,8)	4	-	5	9(25,0)	11	1	3	15(41,7)	1	4	6	11(30,6)	1	4	6	11(30,6)	1	4	6	11(30,6)	1	4	6	11(30,6)	1	4	6	11(30,6)	36					
Barbastro (1947-68)	6	6	6	18(18,0)	12	4	7	23(23,0)	10	3	9	22(22,0)	14	10	13	37(37,0)	14	10	13	37(37,0)	14	10	13	37(37,0)	14	10	13	37(37,0)	14	10	13	37(37,0)	100					
Capella (1951-73)	4	4	4	12(20,7)	9	4	4	17(29,3)	5	2	3	10(17,2)	5	5	9	19(32,8)	5	5	9	19(32,8)	5	5	9	19(32,8)	5	5	9	19(32,8)	5	5	9	19(32,8)	58					

duce la importancia de la avenida. Por el contrario, en primavera la fusión de la nieve puede verse acelerada por la influencia de precipitaciones oceánicas templadas, lo que incrementa el papel pluvial. Las lluvias otoñales descargan, pues, con mayor violencia y sus efectos pueden ser más catastróficos, sobre todo si se producen en medio de un otoño húmedo.

Si atendemos a la totalidad de las crecidas, contamos con los datos de Zuriza y Yesa. En Zuriza el invierno ocupa la primera posición (34 % del total), seguido —y aquí viene lo sorprendente— por la primavera y el otoño en la misma proporción (29,7 %). Esto quiere decir que en primavera las aguas aumentan de volumen con notable frecuencia, pero esas crecidas no son proporcionalmente tan elevadas como las otoñales o invernales. De estas últimas, casi todas entran en el rango de grandes avenidas. Por meses, noviembre, diciembre, enero y marzo son los más destacados.

En Yesa aún tiende a aumentar más todavía el papel del invierno (50 % del total) y la primavera (45 %), mientras que en otoño sólo se registra una crecida en el período estudiado (1946 a 1955), pero ninguna en verano.

Esta distribución de las crecidas se explica porque los grandes caudales en la cuenca del Aragón están ligados a las irrupciones oceánicas durante el invierno y la primavera, estas últimas acompañadas de fusión de nieve. En otoño también hay un recrudecimiento de las precipitaciones que afecta más que nada al tramo oriental de la cuenca, lo que evita el carácter generalizado de las mismas. Por otra parte, las tormentas estivales, que no son infrecuentes, presentan un carácter localizado y poco duradero.

Los dos aforos con datos sobre crecidas en el río Gállego (Anzánigo y Santa Eulalia) tienen un esquema de distribución de avenidas bien diferente del Aragón. Sólo el sector oriental de este último (río Subordán y cabecera del mismo Aragón hasta Jaca) posee matices comparables con el Gállego. Atendiendo al momento en que se produce el máximo diario anual, en Anzánigo destaca claramente la primavera (41,6 % del total), sobre todo durante el mes de mayo, seguida por el otoño con un 25 % y, ya más lejos, el invierno y el verano. Las lluvias primaverales, ligadas a la fusión de la nieve, siguen siendo, pues, un factor desencadenante de primer orden. A la altura de Santa Eulalia el esquema se ha alterado bastante: la primavera continúa a la cabeza de los máximos anuales, aunque menos destacada (38,4 %), mientras que el otoño da un salto imponente al aglutinar al 34,6 % de los máximos; el invierno se mantiene aproximadamente y el verano retrocede. La importancia del otoño, que casi se equipara a la primavera, anuncia la penetración de influencias mediterráneas desde el Sureste, que lógicamente afectan con mayor intensidad al tramo de cuenca comprendido entre Anzánigo y Santa Eulalia.

Para el estudio de la totalidad de las crecidas se cuenta con los datos elaborados en Santa Eulalia, que es la estación básica dentro de la cuenca del Gállego. Además, cuenta con un período de datos suficientemente largo como para que los resultados sean significativos. Las crecidas presentan una clara tendencia a concentrarse en primavera (36,7 % del total), con

abril y marzo como meses más destacados y el otoño se equipara al invierno, con un 26,4 % del total de avenidas (sobre todo en enero). Conviene señalar que en verano casi todas las crecidas tienen lugar durante el mes de junio, lo que, en definitiva, no hace sino acentuar el carácter primaveral del fenómeno.

Estamos, pues, ante una distribución de crecidas marcadamente equinocciales en el que interviene el recrudescimiento de las precipitaciones en primavera y otoño, si bien en aquélla la fusión de la nieve contribuye a acentuar el fenómeno. De todas formas, conviene tener en cuenta que las influencias mediterráneas —presentes más que nada en otoño— se muestran aún muy tímidas, quizás por la disposición de la cuenca, poco favorable a la penetración de masas de aire desde el Sureste. Por otro lado, las influencias oceánicas siguen manifestándose con cierta intensidad, aunque ya mucho menos que en la cuenca del Aragón; de todas formas, si parte de la lluvia invernal no quedase en cabecera en forma de nieve las crecidas en enero y febrero serían mucho más frecuentes e importantes.

En la cuenca del Cinca-Ara dejaremos como siempre a un lado el estudio del Esera y de los afluentes prepirenaicos. Para el estudio de los máximos anuales contamos con datos en Boltaña, Aínsa, El Grado y Fraga; en estas dos últimas estaciones la instalación de embalses obliga a considerar los datos de forma distinta. El máximo anual tiene una gran tendencia por presentarse en otoño dentro de la cuenca del Ara. En Boltaña el máximo de otoño representa el 69,2 % del total, quedando ya la primavera (21,4 %) y el invierno (14,2 %) muy relegados. Ningún año el máximo ha tenido lugar durante el verano, si atendemos al período de 1959-73. En Aínsa el esquema es bastante parecido, pues el otoño concentra el 60 % de los máximos anuales y la primavera el 20 %. El invierno es aún menos importante (6,6 %) y el verano destaca muy poco (13,3 %). De las diferencias existentes pueden, no obstante, extraerse interesantes conclusiones:

a) Los máximos otoñales se dejan sentir algo más en Boltaña que en Aínsa porque su cuenca se dispone de forma más abierta a las influencias mediterráneas. Además, como ya se ha señalado, hay que tener en cuenta el papel desempeñado por el tramo meridional —sin duda prepirenaico— de la cuenca del Ara, donde las precipitaciones de octubre a diciembre caen con intensidad. De todas formas, las diferencias son poco significativas como para extraer grandes conclusiones.

b) La influencia continental es algo más acusada en la cabecera del Cinca que en la del Ara, lo que acentúa la posibilidad de que en el verano pueda producirse algún máximo anual, fenómeno que por otra parte tampoco es muy frecuente.

c) En ambos ríos la primavera cuenta poco como generadora de máximos anuales. Las crecidas de esta época suelen ser más moderadas, pues los vientos húmedos procedentes del Atlántico rebasan con ciertas dificultades la divisoria del Gállego-Ara.

En El Grado la situación cambia considerablemente, sobre todo porque el verano cobra gran importancia. Sin duda, se trata de máximos

anuales generados entre Aínsa y El Grado, y ya en pleno Prepirineo. En todo caso, dentro del total de las crecidas carecen apenas de importancia. En el aforo de El Grado la construcción de embalses obliga a distinguir dos períodos (1947 a 1958 y 1960 a 1973), el segundo de los cuales está muy influido por el funcionamiento de las presas. Las diferencias existentes entre ambos períodos se estudiarán más adelante.

En Fraga, también con pocos años disponibles, la primavera y el otoño comparten el primer puesto en máximos anuales, seguidos por el verano y el invierno.

En cuanto a la totalidad de las crecidas, contamos con datos de Boltaña, Aínsa y El Grado, como estaciones básicas. Los tres aforos poseen una distribución estacional de crecidas muy similar. El invierno queda muy marginado, con pequeña ventaja para El Grado; la primavera pierde la importancia que tenía hasta la cuenca del Gállego, aunque se mantiene en El Grado; y el otoño parece ocupar el lugar abandonado por la primavera; por su parte, el verano adquiere cada vez mayor importancia. El esquema se mantiene por lo que respecta a las mayores avenidas (superiores a 5 Qm.), salvo por el hecho de que el otoño pasa a ser la estación del año más proclive a las avenidas.

Como resumen, la cuenca del Cinca-Ara permite extraer algunas conclusiones porque es en este espacio donde tiene lugar de forma definitiva la decantación hacia otro tipo de influencias:

a) Las crecidas invernales se hacen cada vez menos frecuentes conforme avanzamos hacia el Este por agotamiento de las precipitaciones oceánicas. Por otra parte, el relieve es más elevado y retiene en mayor proporción a la precipitación en forma de nieve.

b) Las crecidas otoñales son más numerosas por la proximidad de las influencias mediterráneas.

c) La continentalidad de la cuenca favorece la aparición de fenómenos tormentosos durante el verano que desencadenan, a veces, violentas descargas fluviales, a diferencia de lo que sucede en las cuencas occidentales.

d) La primavera ve disminuido su papel en la generación de crecidas por el aislamiento de los vientos oceánicos, pero también porque la fusión de la nieve es más tardía.

El río Esera adopta plenamente las tendencias que se vienen anunciando desde el Ara hasta convertirse en un ejemplo típico de río con crecidas mediterráneo-continental. Para el estudio de los máximos anuales disponemos de datos en Villanova, Graus, Capella y Barasona, si bien en este último caso están matizados por el embalse del mismo nombre.

El máximo diario anual en Villanova es sobre todo estival (43,4 % del total), lo que se explica por un lado por la tardía fusión de la nieve que alcanza su cénit en junio y se prolonga intensamente hasta bien entrado julio; y, por otro lado, porque en la cuenca alta del Esera las precipitaciones sufren un incremento desde mediados de mayo. Ambos factores se unen para que los máximos de todo el año tiendan a concentrarse en verano. Le sigue en importancia el otoño, con un 30,4 % de los máximos, la primavera con

un 26 %. El invierno no ha registrado ninguna avenida que suponga el caudal más elevado del año. Ténganse presentes las características del relieve y el alejamiento de las influencias suavizantes del Atlántico o Mediterráneo para comprender que las precipitaciones invernales caerán en forma de nieve en gran parte de la cuenca. Además, enero y febrero registran un notable descenso en la inestabilidad atmosférica.

En Graus el papel del verano disminuye algo (32 % de los máximos anuales) frente al incremento de los máximos primaverales. El otoño se mantiene y, dada la ampliación de la cuenca, pueden originarse ya algunas crecidas invernales. En Capella el Isábena conserva la importancia de los máximos estivales y aumenta la de los otoñales, pues se trata de una cuenca continental pero a la vez bastante mediterránea por su posición y distribución altitudinal. Por último, en Barasona el esquema varía un poco, pues los máximos otoñales disminuyen con respecto a Graus y aumentan los invernales, lo cual tampoco se relaciona con el Isábena. La única explicación puede estar en la gestión del embalse, que puede frenar algo la importancia de las crecidas otoñales, al hallarse en ese momento casi vacío; por el contrario, un incremento del caudal a la altura de Graus en invierno puede obligar a abrir compuertas, con lo que puede acentuarse la importancia de la crecida.

A nivel de todas las crecidas, lo primero que destaca es su escaso número, en total 23, lo que es una prueba del carácter ponderado del alto Esera. El verano es la estación de mayor concentración (39,1 %), pero el otoño se le acerca mucho (34,7 %). Una vez más los meses otoñales se confirman como los más violentos y aquí sí que el mes de noviembre recupera su papel general. De hecho, las dos mayores crecidas en Villanova desde 1951 se presentaron en noviembre. De las crecidas primaverales sólo mayo conserva un lugar destacado, mientras abril sólo contribuye con una y marzo con ninguna, como asimismo todo el invierno. Así pues, en la cabecera del Esera dos son los momentos en los que las aguas presentan una marcada tendencia a aumentar de volumen: los meses de mayo y junio que concentran el mayor número de crecidas y el mes de noviembre, más peligroso por su violencia.

En Graus las crecidas superiores a 5 Qm. ponen su acento de nuevo en el verano (también con mayor insistencia en junio, pero se aproxima mucho el otoño). El fenómeno es similar al de Villanova. Por supuesto, el invierno no genera avenidas importantes, con lo que se demuestra que cuenta, y mucho, la retención de nieve en la montaña.

El estudio de la cuenca del Esera se completa con los datos del Isábena en Capella, cuyo esquema de distribución difiere considerablemente de los del resto de la cuenca. En el Isábena se manifiestan las influencias mediterráneas a través del predominio de las crecidas equinocciales, más en otoño (32,8 %) que en primavera (29,3 %). El invierno, con un 20,7 %, se encuentra por encima de lo habitual en la cuenca del Esera, dado que en el Isábena apenas sí hay retención nival. Sin embargo, de entre los cuatro máximos instantáneos más elevados registrados en Capella, tres lo fueron

en verano (el *máximo maximorum* es en agosto de 1963), lo que de alguna manera detecta la existencia de intensas precipitaciones ligadas a actividad tormentosa semicontinental.

En las cuencas prepirenaicas los máximos anuales son preferentemente otoñales, tanto en el Alcanadre como en el Vero. El menor número de máximos coincide con el verano, salvo en Barbastro, donde adquieren cierta importancia. En un intento de explicación, diremos que la cuenca del Vero es muy pequeña y su caudal muy bajo, por lo que una precipitación torrencial y localizada durante el verano puede repercutir inmediatamente en un violento aumento de caudal. Analizando la totalidad de las crecidas, en Barbastro se aprecia claramente el predominio de las avenidas de otoño (35,6 %), seguidas de las primaverales, muy poco por encima de las estivales.

Por otra parte, el aforo de Barbastro es el que registra un mayor número de avenidas desde 1947 a 1968, con un total de 100 superiores a 5 Qm. La razón de esta sensibilidad está sin duda en que el módulo es muy bajo y se obtiene en una cuenca pequeña, por lo que el caudal medio puede multiplicarse fácilmente por varias veces. Ello refleja el carácter muy torrencial del Vero en particular y de los prepirenaicos, en general, sobre todo si se tienen en cuenta aquí los profundos estiajes que soportan estos ríos (ver apartado 4.6.).

En el río Noguera Ribagorzana puede apreciarse una clara diferencia entre Caldas de Bohí y San Nicolau, por un lado, y Pont de Suert por otro, al menos por lo que se refiere a los caudales máximos anuales. En los dos aforos de cabecera el máximo anual aparece casi siempre en verano (el 60 % de las veces en Caldas y el 66,6 % en San Nicolau) la primavera y el otoño siguen por este orden con porcentajes más bajos y en invierno no existen registros de este tipo porque los elevados relieves retienen las precipitaciones en forma de nieve.

En Pont de Suert el otoño pasa a ocupar el primer puesto, con un 45 % de los casos, seguido por el verano (35 %) y en condiciones iguales el invierno y la primavera (10 %). Las diferencias con los dos aforos de cabecera se explican de la siguiente forma:

a) El verano es una época de crecidas en Caldas y San Nicolau por el papel de la fusión de la nieve, que es aquí muy tardía, y por el importante volumen de precipitaciones en julio y agosto. La situación es menos acusada en Pont de Suert porque la nieve desempeña aquí un papel menos importante.

b) Los máximos de otoño apenas son numéricamente significativos en la cabecera porque la disposición de las cuencas del Noguera de Tor y del río San Nicolau no favorece la penetración de las influencias mediterráneas, de las que quedan muy abrigadas. A Pont de Suert esas influencias le llegan desde el mismo Noguera Ribagorzana y desde el río Baliera.

c) En invierno pueden darse ya algunos máximos anuales en Pont de Suert si se producen lluvias generalizadas en toda su cuenca, parte de las cuales caen en forma líquida y escurren rápidamente hacia el río, aunque

en todo caso se trata de un fenómeno más bien infrecuente dada la distribución altitudinal de la cuenca hasta Pont de Suert.

Para el estudio de la totalidad de las crecidas contamos con los datos de la estación básica de Pont de Suert.

Predominan sensiblemente las crecidas otoñales (61 %) por encima de las primaverales y las estivales. Indudablemente, nos hallamos ante una cuenca en que las influencias mediterráneas se dejan sentir de lleno con ligeros matices continentales. Las crecidas de primavera son muy frecuentes a nivel de medianas elevaciones de caudal, ligadas a la fusión de nieve, pero su papel se ve reducido al considerar los grandes fenómenos hidrológicos.

3.5.3. Frecuencia y probabilidad de crecidas

La mayor frecuencia de crecidas la alcanza el río Vero en Barbastro (4,5 crecidas por año), seguido ya a considerable distancia por el Isábena en Capella (3,1), el Ara en Boltaña (2,9), el Veral en Zuriza (2,9) y el Gállego en Santa Eulalia (2,8). Más lejos quedan el Cinca en Aínsa (2,9), el Aragón en Yesa (2,2) y el Cinca en El Grado (1,9). Una vez más el Esera y el Noguera Ribagorzana son los que se comportan de forma más moderada; el primero tiene una frecuencia de 1,4 crecidas en Graus y de sólo una al año en Villanova. El segundo, a la altura de Pont, tiene una frecuencia inferior a la unidad (0,9).

El esquema precedente permite llegar a unas conclusiones básicas acerca de la periodicidad con que se presenta en las distintas cuencas el fenómeno de las crecidas. Es indudable que los ríos prepirenaicos (Vero) y afines (Isábena) son los más sensibles frente a las grandes precipitaciones. De alguna forma se ha señalado que su escaso módulo facilita una rápida multiplicación del mismo, pero además hay que tener en cuenta la pobre capacidad de retención de la humedad por parte del suelo, lo que acelera la esorrentía en un período corto de tiempo. El fenómeno es aún más evidente en el río Vero por la degradación paisajística de su cuenca y lo modesto de su caudal medio.

Los ríos Gállego y Ara mantienen relativamente la imagen torrencial a que ya hemos referencia anteriormente. Son ríos en los que por interferencia de influencias, por las pendientes y por la composición litológica de la cuenca desencadenan crecidas con frecuencia. El Gállego y el Ara sufren a lo largo del año varias crecidas, pequeñas y grandes y, como en el caso del Ara, a veces espectaculares. El Cinca sin el Ara se comporta de manera más moderada.

Los dos mejores ríos vuelven a ser el Esera y el Noguera Ribagorzana, que, además de tener aportaciones importantes y un régimen muy regular a lo largo del año, carecen de la torrencialidad de los ríos del centro y del Oeste de la provincia, al menos por lo que se refiere a su cabecera. En ambos casos, la nieve ejerce una labor reguladora de primera magnitud, pues tiende a fundir lentamente dada la distribución altitudinal del territorio.

Tabla n.º 54

CAUDALES IGUALADOS O SUPERADOS EN EL PERIODO DE RETORNO QUE SE INDICA
(Caudales máximos instantáneos en m.³/sg.)

Estación de aforo	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	máximo instant. y fecha.
Jaca (1946-73)	200,5	250,3	313,2	359,9	406,2	313 (nov. 66)
Javierregay (1956-67)	235,2	270,8	315,8	349,1	382,3	304 (ago. 63)
Zuriza (1961-72)	63,5	82,0	105,4	122,7	140,0	106 (nov. 68)
Biniés (1953-71)	97,6	116,9	141,3	159,4	177,4	135 (may. 56)
Sigüés (1950-73)	324,2	386,1	464,2	522,1	579,6	537 (dic. 62)
Yesa (1948-57)	853,1	1069,3	1342,5	1545,1	1746,2	1308 (may. 55)
Yesa (1958-73)	783,1	1033,2	1349,2	1583,7	1816,4	1560 (nov. 66)
Anzónigo (1949-73)	523,3	650,9	812,1	931,7	1050,4	812 (oct. 60)
San. Eufalia (1948-73)	552,0	646,3	765,3	853,6	941,3	670 (nov. 61)
El Grado (1947-58)	657,3	773,8	921,0	1030,2	1138,5	720 (oct. 53)
Graus (1949-73)	505,1	643,1	819,3	949,4	1078,5	995 (ago. 63)
Capella (1951-73)	227,3	292,1	376,1	437,7	498,9	370 (ago. 63)
Lascellas (1952-70)	182,7	225,1	278,6	318,4	357,8	290 (nov. 67)
Fraga (1948-65)	1444,5	1798,2	2245,0	2576,5	2905,6	2201 (oct. 65)
Fraga (1966-73)	1918,8	2292,0	2762,1	3110,9	3457,2	1926 (nov. 66)
Piñana (1955-73)	158,6	194,4	239,7	273,3	306,6	196 (dic. 59)

NOTA: En todos los casos la prueba de Kolmogorov' acepta el ajuste a una distribución de Gumbel para un nivel de significación igual a 0,1

Por eso las crecidas auténticamente peligrosas suelen ser las otoñales, no sometidas a regulación natural, pero que ejercen una menor influencia en cabecera. Acerca del papel fundamental de la nieve en la reducción del número anual e invernal de crecidas puede consultarse a García-Ruiz, Puigdefábregas y Creus (1980).

Para concluir con el estudio de frecuencia de crecidas hemos aplicado a los caudales máximos instantáneos una exponencial del tipo de Gumbel, con lo que obtenemos los caudales que previsiblemente serán rebasados para determinados períodos de retorno. Se han calculado los caudales para 5, 10, 25, 50 y 100 años. No vamos a realizar una descripción de resultados, pues basta su consulta en la tabla correspondiente para tener una idea del orden de magnitud que pueden alcanzar las crecidas.

En resumen, todos los ríos oscenses, por moderados que parezcan en un período de 20 ó 30 años, son capaces de producir avenidas brutales que pueden corresponder a un período de retorno de 100 o más años. Por supuesto, el fenómeno es generalizable a todos los ríos del mundo, y por ello parece más interesante establecer comparación a nivel de períodos de retorno más bajos para averiguar cuáles se comportan habitualmente de forma más moderada. En nuestro caso ya hemos podido averiguar que el Esera y el Noguera Ribagorzana son menos violentos que, por ejemplo, el Ara, el Cinca, el Gállego o el Aragón, a pesar de que aquéllos quedan enclavados en un ambiente más mediterráneo y, por lo tanto, aparentemente más propenso a precipitaciones de gran intensidad horaria. Esa influencia mediterránea se deja sentir más en los ríos pirenaicos, con poca capacidad de autoregulación por las características de sus cuencas.

La continentalidad, por su parte, puede estar en el origen de numerosas crecidas, aunque éstas no son nunca demasiado violentas; para que alcancen dimensiones catastróficas es necesario que intervengan otros factores, como los ya señalados para el Cinca-Ara y para el Gállego. Por último, la posición occidental de las cuencas introduce un nuevo incentivo por la llegada de masas de aire cargadas de humedad que pueden aumentar su inestabilidad original bajo determinadas condiciones del relieve.

3.6. LOS ESTIAJES

Todos los años los afluentes pirenaicos del Ebro presentan uno o dos períodos de aguas bajas coincidiendo con una ausencia prolongada de precipitaciones y un aumento de la evaporación, o con una retención de las lluvias en forma de nieve. Estos períodos de caudal más escaso reciben el nombre genérico de estiajes, cuya definición cuantitativa ha quedado al margen de toda precisión hasta ahora. Entendemos que para establecer comparaciones objetivas entre cuencas y para limitar la duración de los estiajes es preciso definir un umbral a partir del cual pueda hablarse con propiedad de aguas bajas. Como es lógico, dicho umbral sólo debe establecerse en términos relativos con el módulo anual. Tras diversas aproximaciones,

hemos determinado *el límite a partir del cual comienza el estiaje en un valor próximo a la mitad del módulo.*

El análisis de aguas bajas se realizó desde dos puntos de vista: a) caracterizando la duración y caudales de los períodos con caudal inferior a la mitad del módulo; y b) detectando los caudales mínimos no superados durante un número prefijado de días consecutivos.

Desde un primer momento se vio que la mayoría de los ríos oscenses estaban afectados por dos tipos de estiajes, cuyo origen es completamente diferente. Con objeto de deslindar su diferente intensidad, se han individualizado los períodos de aguas bajas invernales y los estivales. Se incluye entre los primeros aquéllos que se producen entre el 1 de diciembre y el 30 de abril; y entre los segundos los originados entre el 1 de mayo y el 30 de noviembre. Interesaba, por otra parte, diferenciar los estiajes largos de los cortos, para lo que era necesario utilizar un límite cuantitativo. Analizando la tabla de probabilidades sobre la duración de estiajes llegamos a la conclusión (sobre todo a partir del 50 % de probabilidades) de que un estiaje de invierno es largo cuando rebasa los 60 días de duración; para estiajes de verano la cifra se amplía hasta 95 días.

El esquema que se sigue en el presente apartado toma como base de nuevo a las cuencas básicas, para más adelante establecer una comparación entre ellas. Finalmente, se estudian los estiajes del Pirineo central en relación con los del Ebro. En cualquier caso, se trata de hallar el origen de la mayor o menor intensidad de los estiajes que, como en el caso de las crecidas, es múltiple. Señalemos entre otros factores el papel determinante de las precipitaciones, tanto del período seco del inmediatamente anterior, la velocidad y época de fusión de la nieve (siempre presente como elemento hidrológico de primer orden), la capacidad subsuperficial para absorber humedad y la disponibilidad de «almacenes litológicos».

A su vez, algunos de estos factores tienen que ver con la situación de la cuenca en el contexto de la provincia y con las dimensiones de la misma. De esta forma, nos vamos a encontrar con una variada gama de estiajes, por su intensidad y duración y por la época en que alcanza mayor virulencia. Como en ocasiones anteriores, las cuencas occidentales de la provincia tienen un comportamiento bien distinto en cuanto a los estiajes del que presentan las orientales. Ello no deja de ser normal si se tiene en cuenta que los factores del régimen fluvial forman un todo global en el que nada es independiente del resto.

3.6.1. Cuenca del río Aragón

Para el estudio de los estiajes en la cuenca del Aragón disponemos de datos en los aforos de Yesa y Zuriza. Como yase ha indicado en otras ocasiones, el primer aforo está influido por el embalse del mismo nombre, y esa influencia es determinante para eliminar los datos posteriores a su construcción. Téngase en cuenta que si hay algún factor del régimen básicamente afectado por un embalse, ése es precisamente el estiaje. Para ana-

Tabla n.º 55

PROBABILIDAD (EN %) DE QUE EL ESTIAJE TENGA UNA DURACION IGUAL
O SUPERIOR A LOS VALORES QUE SE INDICAN

Estación	99%	95%	75%	50%	25%	10%	Trans. (*)	Asimet. origin. (fina)	x 1	X ² (**)
YESA										
periodo frío	5,0	8,4	18,3	31,3	53,4	86,7	log	1,723	.046	.078
periodo cálido	102,6	115,5	133,9	146,6	159,4	171,0	1,0	-.985	-1,664	2,782
PONT DE SUERT										
periodo frío	0,0	8,6	42,3	65,6	89,0	110,1	1,0	-.029	-.060	1,073
periodo cálido	0,0	2,5	22,7	45,2	73,4	103,3	.6	.508	.150	1,067
BOLTANA										
periodo frío	0,4	20,0	52,4	76,4	101,1	124,0	.9	.047	-.022	.986
periodo cálido	20,3	43,0	75,3	97,8	120,2	140,4	1,0	-.896	-1,650	6,574
AINSA										
periodo frío	0,0	0,0	29,0	57,9	90,2	121,5	.8	.192	.033	1,516
periodo cálido	0,0	0,3	26,0	50,2	77,1	103,1	.8	.251	-.076	.262
ZURIZA										
periodo frío	0,0	1,6	18,8	38,5	63,5	90,0	.6	.712	.080	.224
periodo cálido	0,0	31,1	37,8	110,3	142,7	171,9	1,0	-.275	-.529	1,044
EL GRADO										
periodo frío	15,6	33,6	63,1	85,4	109,0	131,2	.8	.166	.030	.273
periodo cálido	41,9	63,5	94,2	115,5	136,9	156,1	1,0	-.550	-.972	1,739
VILLANOVA										
periodo frío	14,8	35,0	63,7	83,6	103,0	121,5	1,0	-.889	-1,946	4,193
periodo cálido	1,4	7,0	20,1	32,1	46,3	60,7	.6	.357	-.048	.715
SAN EULALIA										
periodo frío	0,0	0,0	2,3	13,9	44,4	97,3	.3	1,103	.066	3,021
periodo cálido	0,0	9,7	49,3	82,1	117,9	152,2	.8	.141	-.029	1,684
GRAUS										
periodo frío	0,0	17,0	51,2	74,9	98,7	120,1	1,0	-.420	-.420	-.985
periodo cálido	0,2	11,0	36,8	59,2	84,6	109,7	.7	.663	.117	.140
BARBASTRO										
periodo frío	0,0	0,0	45,3	80,6	115,9	147,8	1,0	-.141	-.141	-.203
periodo cálido	9,1	48,1	103,6	142,2	180,7	215,5	1,0	-.871	-1,874	3,538
CAPELLA										
periodo frío	0,0	0,0	21,3	48,3	78,7	108,5	.8	.222	.015	1,597
periodo cálido	7,3	30,3	70,7	102,0	135,5	167,1	.8	.185	.031	.593

NOTA: Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre.

(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución; x elevado al número que se indica, log (x), log log (x).

(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

lizar su importancia y poder comparar con otros aforos es preciso partir de datos naturales. Por esta razón, Yesa sólo proporciona datos desde 1946 a 1955, período muy corto para extraer conclusiones definitivas. Más datos al respecto pueden obtenerse del estudio del régimen mensual (ver el apartado 4.4.), donde se realizan continuas alusiones al tema de la disminución media del caudal en los meses estivales o invernales. Por otra parte, el análisis concreto del aforo de Zuriza aporta algunas ideas complementarias acerca del valor de los estiajes en montaña suboceánica.

Una rápida observación de los datos disponibles sobre períodos de aguas bajas en Yesa y Zuriza permite obtener las siguientes conclusiones:

a) El estiaje en invierno en Yesa es muy poco profundo y poco prolongado. Cabe señalar la excepción del año hidrológico 1984-49, conocido por su extrema sequedad, en que las aguas bajas invernales duraron 138 días, alcanzándose un mínimo de $1,7 \text{ m}^3/\text{sg}$. Este es, sin embargo, un caso extraordinario, pues los 8 años restantes presentan una duración media de 30 días, con un máximo de 61 en 1953-54 y un mínimo de 8 días en 1946-47. Por otra parte, en términos de caudal apenas sí puede hablarse de auténticos estiajes, pues sus mínimos absolutos raras veces bajan de $13 \text{ m}^3/\text{sg}$. Interesa destacar además dos cuestiones que podrán comprobarse en otros días:

— A un período prolongado de sequía corresponde también un mínimo absoluto más profundo. Aparte del ya citado caso de 1948-49, puede ponerse como ejemplo el año 1953-54, con una duración de 61 días y un caudal mínimo de $6 \text{ m}^3/\text{sg}$. Por el contrario, los estiajes cortos corresponden a mínimos relativamente elevados. Así, pues, en el río Aragón nos encontramos con dos tipos de estiajes: largos y profundos y cortos y poco intensos.

— El período estudiado en el aforo de Yesa coincide con una época de menores aportaciones globales. De alguna forma ello tiene que repercutir en la valoración de los estiajes que posiblemente son en este primer momento algo más acusados de lo normal. A tal conclusión puede llegarse, por ejemplo, observando los datos sobre duración e intensidad de estiajes en Santa Eulalia (río Gállego).

b) Las aguas bajas de invierno en Zuriza son también poco prolongadas. Podía esperarse que el efecto de la retención nival fuera muy acusado en un aforo tan de cabecera como éste, pero lo cierto es que de los 15 años disponibles sólo 6 rebasan ese umbral de 60 días, y de ellos 4 por muy poco. Es más, existe un 95 % de probabilidades de que el estiaje sea inferior a un día y medio, si bien existe un 10 % de probabilidades de que dure 6 meses. El estiaje más prolongado tuvo una duración de 114 días (con un caudal mínimo de $0,09 \text{ m}^3/\text{sg}$.); los hay, sin embargo, inferiores a 30 días, e incluso en una ocasión fue inexistente. Como es lógico, el mínimo de cada año se mueve a niveles muy bajos dado el módulo anual, y en ningún caso ha llegado a superar $0,65 \text{ m}^3/\text{sg}$. Resulta interesante destacar aquí que, a diferencia de Yesa, pueden darse mínimos muy bajos en estiajes cortos. Ello se debe a que tales estiajes pueden estar relacionados con un período

Tabla n.º 56
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: ZURIZA Río: VERAL

Años	Periodo frío		Periodo cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1947-48				
1948-49				
1949-50				
1950-51				
1951-52				
1952-53				
1953-54	13	0,33	68	0,17
1954-55	29	0,33	178	0,06
1955-56	(sin datos)			
1956-57	(sin datos)			
1957-58	11	0,17	104	0,01
1958-59	-	-	56	0,25
1959-60	(sin datos)			
1960-61	(sin datos)			
1961-62	63	0,33	175	0,08
1962-63	34	0,10	99	0,10
1963-64	114	0,09	96	0,30
1964-65	9	0,70	88	0,24
1965-66	39	0,24	121	0,41
1966-67	66	0,56	153	0,48
1967-68	34	0,64	154	0,01
1968-69	66	0,14	41	0,14
1969-70	19	0,34	147	0,18
1970-71	61	0,14	155	0,12
1971-72	108	0,12	19	0,89
1972-73				

Periodo frío: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

corto de intenso frío en el que casi toda el agua esté en forma sólida, por lo que el caudal desciende a mínimos muy exigüos. El año 1957-58 constituye un buen ejemplo de este tipo.

c) Las cosas cambian considerablemente en período cálido, donde Yesa acusa una prolongada sequía, muy superior a la invernal. Todos los años registrados entran dentro de lo que podemos llamar una sequía duradera, con un máximo en 1948-49 de 163 días. La probabilidad de que los estiajes del Aragón desciendan por debajo de 102 días de duración es de sólo el 1 %, y a nivel del 50 % de probabilidades (un año sí y otro no) los estiajes duran más de 146 días, es decir, casi 5 meses. Por supuesto, la intensidad de tales sequías es más acusada que en invierno, con mínimos que en 1947-48 llegan a cero, o en 1948-49 a 0,56 m³/sg. Sólo en un caso el mínimo estuvo ligeramente por encima de 5 m³/sg.

d) En Zuriza los estiajes de verano presentan una gama más variada, y algunos de ellos pueden considerarse como poco prolongados. Por lo general, la sequía estival es más duradera y profunda que la invernal, siguiendo la norma de todos los ríos del Pirineo occidental; sin embargo, dicha norma puede quebrarse a veces, apareciendo estiajes de invierno mucho más largos. Tal es el caso del año 1971-72, en el que la brevedad de la sequía estival estaría provocada por un retraso de la fusión de nieve, responsable a su vez de la duración del estiaje invernal.

Tabla n.º 57

DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
Estación de aforo: YESA Río: ARAGON

Años	Periodo frio		Periodo cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1946-47	8	20,00	151	2,64
1947-48	26	16,00	157	0,48
1948-49	138	1,70	163	0,56
1949-50	30	13,90	156	2,28
1950-51	25	13,05	114	4,50
1951-52	44	10,00	112	5,33
1952-53	12	19,00	147	2,59
1953-54	61	6,00	152	2,42
1954-55	41	10,04	168	3,45

Periodo frio: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

Tabla n.º 58

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: ZURIZA Río: VERAL

<u>Periodo frío</u>	<u>Probabilidad (%)</u>	<u>7 días</u>	<u>15 días</u>	<u>30 días</u>	<u>45 días</u>	<u>60 días</u>	<u>90 días</u>
99		0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4
95		0,1	0,1	0,5	0,6	1,0	1,7
75		0,3	0,6	1,4	1,9	2,7	4,9
50		0,5	1,0	1,9	3,4	4,5	8,1
25		0,7	1,4	2,5	5,5	7,0	12,1
10		1,1	1,7	3,0	7,8	9,8	16,4
Transformación (*)		.2	1,0	1,0	.4	.4	.5
χ^2 (**)		0,7	1,9	0,5	1,2	0,1	0,04
<hr/>							
<u>Periodo cálido</u>							
99		0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
95		0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
75		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7
50		0,2	0,3	0,6	0,9	1,0	1,4
25		0,4	0,6	1,0	1,6	2,0	2,8
10		0,6	0,9	1,8	2,8	3,7	5,5
Transformación (*)		.2	.2	log	.1	.1	.1
χ^2 (**)		0,02	0,1	0,5	0,6	0,6	0,8

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
 Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
 (*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
 (**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

Tabla n.º 59
**PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
 REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN**
 Estación de aforo: YESA Río: ARAGON

Periodo frio Probabilidad (%) 7 dias 15 dias 30 dias 45 dias 60 dias 90 dias

99
 95
 75
 50
 25
 10

No se han calculado por errores excesivos en los ajustes.

Transformación (*)
 χ^2 (**)

Periodo cálido

99	0,0	0,0	2,6	6,4	7,0	9,0
95	0,4	1,4	3,7	7,6	9,1	11,4
75	2,3	3,6	6,3	10,2	13,6	16,7
50	3,6	5,2	9,1	13,4	18,3	22,7
25	4,9	6,7	13,5	19,7	25,2	32,1
10	6,1	8,1	19,5	33,8	34,1	46,0
Transformación (*)	1,0	1,0	-1	-1,0	-2	-4
χ^2 (**)						

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
 Periodo frio: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
 (*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
 (**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

e) Con vistas a conocer las pautas de comportamiento de cada río en período de estiaje, se han elaborado las tablas de caudales mínimos no superados durante 7, 15, 30, 45, 60 y 90 días consecutivos. A partir de ahí se obtiene suficiente información acerca de los niveles a que se debe regular un río en función de las necesidades de caudal. Los resultados son muy significativos. En el cuadro referente al aforo de Yesa se comprueba que en 7 y 15 días consecutivos, para cualquier nivel de probabilidad, nos encontramos con caudales extremadamente bajos para un río como el Aragón. Tal situación cambia para un período de 60 consecutivos y un nivel de probabilidad del 50 %. Todavía incluso en 90 días consecutivos el caudal es muy bajo el 50 % de los años. Todo ello no hace sino insistir en el carácter prolongado y a la vez intenso del estiaje, en este caso del de verano.

g) En Zuriza se han elaborado los mismos datos y coinciden en señalar la importancia de la sequía estival. Los caudales se mantienen por debajo de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, incluso para 60 días consecutivos, con un 50 % de probabilidades.

Es evidente, pues, que el río Aragón experimenta en toda su cuenca unos períodos secos muy prolongados y en ocasiones excepcionalmente profundos.

Dicha sequía es general, por cuanto se manifiesta también en un aforo de cabecera donde teóricamente las condiciones ambientales son más favorables al mantenimiento de caudales elevados. De hecho, este fenómeno a nivel diario coincide con los ya señalados al hablar de los caudales medios mensuales. Las razones de todo ello se resumen en los siguientes puntos:

— Hasta Yesa el río Aragón drena un amplio espacio muy diversificado climáticamente. El tramo meridional de su cuenca se inscribe en un sector donde la sequía desde mediados de junio es muy prolongada. Puede decirse que la aportación de los ríos prepirenaicos y de la Canal de Berdún es durante el verano prácticamente nula. Todo ese sector carece además de gran capacidad para crear notables reservas de humedad, en parte porque en litología predominan las rocas impermeables (margas y arcillas).

— La reserva de nieve en la cuenca del Aragón alcanza valores poco importantes, salvo en su misma cabecera. Pero además, y quizás esto es todavía más determinante, su fusión es muy temprana y rápida. A finales de mayo la nieve ha desaparecido prácticamente en las cuencas del Esca, Veral y Subordán y puede prolongarse a duras penas en la parte alta del Aragón hasta finales de junio. Los caudales de estiaje se anticipan, pues, mucho, mientras que la recuperación no llega en el mejor de los casos hasta mediados de octubre. De ahí que sea un período de aguas bajas muy prolongado.

— Por otra parte, lo normal es que las precipitaciones de verano sólo caigan con frecuencia en la divisoria fronteriza. En Candanchú los períodos secos de más de 30 días de duración durante el verano sólo tienen una probabilidad del 8 %, mientras que en Artieda llega hasta el 40 %. Esas precipitaciones de cabecera alimentan un cierto caudal durante el verano, pero no el suficiente como para compensar la sequía del curso medio; por otra

parte, son en su mayoría precipitaciones de escasa monta, pues la actividad tormentosa no adquiere en este sector toda su violencia.

— Los estiajes de invierno son, sin embargo, poco pronunciados debido a la importancia de las precipitaciones, sólo en parte retenidas en forma de nieve en cabecera. Además, las situaciones de tiempo se suceden con frecuencia y a un período de nevadas sucede otro más templado o de lluvias, con lo que la duración de las aguas bajas no puede ser nunca grande.

— La fusión temprana de la nieve queda patente en los datos diarios del aforo de Zuriza, donde el estiaje comienza también muy pronto. Pero Zuriza, en la cabecera del Veral, disfruta de una primavera en la que se dejan sentir ya las influencias oceánicas. Durante el invierno, aun siendo importante la retención nival, no llega a generar estiajes profundos, pues los períodos fríos alternan con otros de temperaturas más suaves que facilitan la fusión de la nieve.

3.6.2. Cuenca del río Gállego

Como se recordará, la estación básica del río Gállego es Santa Eulalia, situada en un punto de la cuenca en el que se pueden apreciar las influencias de los cursos alto y medio. Se trata además de una estación de aforo que cuenta con 23 años para el estudio de los estiajes y quizás constituye el mejor ejemplo para comprobar la diferencia existente entre los años 1948 al 1957 y los posteriores, más secos los primeros que los segundos.

Los *estiajes invernales* del Gállego son poco acusados. Dos son los factores que explican el fenómeno. En primer lugar, su cuenca recibe todavía algunas influencias oceánicas que aumentan la proporción de las precipitaciones de invierno; de todas formas, en cabecera esas precipitaciones caen en forma sólida y hasta Búbal, o incluso Biescas, la retención es muy importante (ver caracteres del régimen mensual). En segundo lugar, y éste es el factor más importante, el aforo de Santa Eulalia se sitúa en un punto en el que el Gállego ha drenado ya una gran extensión de montaña media y baja. Aguas abajo de Biescas la retención nival es mínima y desde luego poco prolongada; las precipitaciones, abundantes en la depresión media y en el Prepirineo de noviembre a mayo, escurren directamente hacia el río y evitan el descenso invernal de caudal.

Los resultados no se hacen esperar. De los 23 años analizados sólo 5 presentan un estiaje invernal de más de 60 días de duración. El máximo corresponde al ya clásico año de 1948-49, con 149 días. Lo normal, sin embargo, es que el estiaje de estación fría sea corto y así lo demuestra el hecho de que casi la mitad de los años ofrezcan duraciones iguales o inferiores a 10 días y que incluso puedan contabilizarse 5 años en los que ningún día el caudal ha estado por debajo de la mitad del módulo. Los módulos absolutos son también, salvo excepciones, muy moderados. Es cierto que pueden aparecer caudales inferiores a $5 \text{ m}^3/\text{sg.}$, pero son muy raros y desde luego sólo se dan en la punta de inviernos anormalmente secos o fríos.

Tabla n.º 60
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: SANTA EULALIA Río: GALLEGO

Años	Período frío		Período cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1947-48				
1948-49	149	2,83	168	2,41
1949-50	10	6,22	160	3,19
1950-51	69	3,36	113	8,57
1951-52	98	10,04	86	10,00
1952-53	31	11,99	162	5,67
1953-54	58	8,75	145	4,83
1954-55	46	10,03	131	8,12
1955-56	50	9,58	76	11,06
1956-57	108	6,60	139	6,28
1957-58	88	4,42	133	6,60
1958-59	1	5,00	119	6,90
1959-60	1	15,30	81	4,80
1960-61	23	8,40	39	10,50
1961-62	2	15,30	43	10,50
1962-63	-	-	56	7,50
1963-64	-	-	34	10,60
1964-65	-	-	82	10,60
1965-66	-	-	30	11,00
1966-67	1	15,30	29	12,30
1967-68	1	14,80	80	7,10
1968-69	56	9,30	25	12,70
1969-70	21	11,86	2	12,28
1970-71	-	-	35	7,85
1971-72				
1972-73				

Período frío: del 1 diciembre al 30 de abril

Período cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el período.

Tabla n.º 61
**PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
 REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN**
 Estación de aforo: SANTA EULALIA Río: GALLEGO

Periodo frío	Probabilidad (%)	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días
99		1,4	1,5	3,0	3,0	4,6	5,0
95		4,8	5,7	6,4	6,9	9,1	13,5
75		10,1	11,6	12,7	18,0	22,3	56,5
50		14,0	15,8	19,1	30,7	39,9	103,7
25		18,0	19,9	27,3	48,6	69,0	165,1
10		21,6	23,7	36,7	70,1	110,4	232,8
Transformación (*)		.9	1.0	.3	.3	.1	.5
χ^2 (**)		0,7	0,9	0,03	0,7	0,2	0,3

Periodo cálido

99		1,6	2,8	4,0	4,9	5,4	6,8
95		4,1	5,4	6,6	6,9	7,8	9,5
75		7,7	9,0	10,4	11,3	12,1	15,9
50		10,2	11,5	13,1	15,7	18,4	23,5
25		12,7	14,1	15,7	21,5	26,2	35,9
10		14,9	16,3	18,1	28,3	36,1	54,5
Transformación (*)		1.0	1.0	1.0	.1	log	-.2
χ^2 (**)		1,2	1,5	1,2	2,1	0,6	1,1

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
 Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
 (*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
 (**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

En términos de probabilidad, la brevedad de los estiajes invernales el Gállego se sitúa inmediatamente detrás de la cuenca del río Aragón. Señalemos, por ejemplo, que existe hasta un 5 % de probabilidades de que no haya estiaje propiamente dicho y en un 25 % de los casos dicho estiaje tiene una duración inferior a 3 días. A nivel del 50 % de probabilidades, el aforo de Santa Eulalia es el mejor situado, pues se estima una duración inferior a 14 días. De esta tabla puede deducirse que el río Gállego tiene una elevada probabilidad de que sus estiajes de invierno sean muy poco sensibles, si bien en determinados años (en un 10 % de probabilidades), las aguas bajas pueden rebasar los 3 meses de duración.

Los *estiajes de verano* son bastante más pronunciados, pero con todo se sitúan dentro de los ríos oscenses en una posición muy favorable, por delante del río Ara en Boltaña, del río Cinca en El Grado y, por supuesto, del río Aragón en Yesa. La totalidad de los estiajes prolongados pertenecen al período 1948-1960, en el que es normal hallar episodios secos de más de 120 días de duración. Desde 1960, sin embargo, todos son inferiores a 90 días y en ocasiones presentan una duración anormalmente corta para el verano: 2 días en 1971-72. La distribución de probabilidades indica esa tendencia a que aparezcan sequías prolongadas, apareciendo un 10 % de probabilidades de que duren menos de 50 días.

Así, pues, la gama de posibilidades aparece más abierta en el Gállego que en el Aragón, río al parecer condenado a sufrir casi siempre estiajes más largos. Téngase en cuenta que en el Aragón la fusión temprana de la nieve es un hecho que se repite año tras año, pero en el Gállego la nieve interviene ya de forma distinta: funde más lentamente y sus efectos pueden prolongarse hasta mediados de julio, pero además no funde en su totalidad; en el macizo de Panticosa persisten durante todo el verano neveros que impiden un descenso brusco del caudal. Con todo, no pueden evitar que durante varios días —a veces muchos— se entre en verdadero período de estiaje, sobre todo si las temperaturas del mes de junio han sido más elevadas de lo normal y acaban prematuramente con la reserva de nieve, o si se trata de un verano ausente de tormentas. De ahí esa diferencia entre las duraciones del 95 y el 10 % de probabilidades.

La observación de la tabla de probabilidades para varios días consecutivos indica que a nivel de 50 % (un año de cada dos) el estiaje no dura más de 45 días, momento en que el caudal rebasa los 15 m³/sg., cifra que constituye precisamente el umbral de estiaje para el río Gállego. La diferencia con el río Aragón es bien sensible en ese sentido, pues para el mismo nivel de probabilidades su estiaje se prolonga el doble (90 días). Por supuesto, en ocasiones, tales episodios secos pueden llegar a prolongarse mucho y con caudales muy bajos; basta para ello observar los caudales alcanzados con un 5 % de probabilidades.

Tabla n.º 62
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: BOLTANA Río: ARA

Años	Período frío		Período cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1960-61	71	6,30	72	5,30
1961-62	38	6,30	126	9,00
1962-63	87	1,60	12	4,80
1963-64	116	2,30	114	6,00
1964-65	26	6,24	94	2,30
1965-66	28	2,80	74	2,80
1966-67	104	4,30	102	3,10
1967-68	66	3,90	87	2,37
1968-69	37	5,02	97	2,00
1969-70	92	3,05	118	1,78
1970-71	78	4,15	90	2,90
1971-72	123	2,90	151	2,90
1972-73	139	4,30	134	3,12

Tabla n.º 63
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: AINSA Río: CINCA

Años	Período frío.		Período cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1959-60	42	6,97	75	1,52
1960-61	142	1,90	105	0,78
1961-62	12	7,60	53	4,50
1962-63	24	4,50	50	1,80
1963-64	-	-	2	15,60
1964-65	8	9,00	-	-
1965-66	26	5,60	39	3,00
1966-67	99	5,00	54	5,00
1967-68	102	4,50	6	11,60
1968-69	36	6,80	55	8,00
1969-70	107	6,20	94	7,60
1970-71	68	7,60	64	6,30
1971-72	86	4,00	27	11,00
1972-73	115	8,0	126	7,0

Periodo frío: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

Tabla n.º 64
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: **EL GRADO** Río: **CINCA**

Años	Periodo frío		Periodo cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1947-48	43	13,20	153	2,40
1948-49	147	2,81	167	4,37
1949-50	98	7,38	127	5,10
1950-51	85	8,10	109	3,98
1951-52	117	4,17	45	15,21
1952-53	61	22,15	104	7,90
1953-54	82	5,77	130	8,43
1954-55	33	10,41	82	14,58
1955-56	65	8,98	111	9,80
1956-57	132	3,00	133	5,00
1957-58	90	5,00	110	4,40

Periodo frío: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

3.6.3. Cuenca del río Cinca

Analizamos a continuación los estiajes del río Ara y del río Cinca hasta El Grado, dejando para otro apartado lo que pueda suceder en el río Esera. Para el Cinca analizaremos los datos diarios de Boltaña, Aínsa y El Grado, todos ellos excesivamente cortos. En el caso de El Grado se han eliminado los años posteriores a 1958 para evitar conflictos de interpretación por influencia de los embalses, con lo que sólo quedan 11 años que, como en Yesa; coinciden con los períodos más secos de finales de los 40 y los años 50. En Aínsa y Boltaña la serie tiene una duración de 14 y 13 años respectivamente, posteriores todos ellos a 1959, por lo que una comparación con El Grado, aunque deseable, no será todo lo significativa que quisiéramos. Sí lo será en cambio una comparación entre Yesa y El Grado, muy interesante por corresponder a los dos ríos más importantes, en términos de caudal, de la provincia.

En *periodo frío*, tanto Boltaña como Aínsa ven ampliado el estiaje con respecto al Gállego y al Aragón. El río Ara cuenta con 9 estiajes de los llamados prolongados de entre los 13 años analizados, algunos de ellos superiores a 100 días. El caudal mínimo alcanza cifras por debajo a veces de 3 m³/sg., pero en términos generales no puede hablarse de gran profundidad

de estiajes en invierno. La tabla de probabilidades sobre la duración de los episodios secos invernales indica esa tendencia a la prolongación; hasta el punto de que existe una probabilidad del 75 % de que los estiajes duren más de 52 días y 50 % de que duren más de 76 días. Sólo en un 5 % de los casos tienen una duración menor de 20 días, lo que significa en la práctica un año de cada veinte.

En Aínsa los estiajes de invierno son en ocasiones más prolongados, si bien junto a períodos muy largos de sequía invernal pueden aparecer otros extraordinariamente cortos e incluso existe registrado un año sin sequía (1963-64). Los caudales mínimos no son tampoco muy bajos, aunque pueden alcanzar cifras excepcionales en años de estiaje muy prolongado. Tal es el caso de 1960-61, en el que se contabiliza un mínimo absoluto (que es el de toda la serie) de 1,9 m³/sg.

Es evidente que estamos ya en un ambiente al que difícilmente llegan las influencias suavizadoras del océano. El invierno impone un régimen térmico mucho más riguroso y las precipitaciones caen en gran parte de la cuenca en forma de nieve. Por otra parte, como ha tenido ocasión de comprobarse en apartados precedentes, el invierno reduce la cuantía de las precipitaciones. Todo ello se aúna para debilitar la escorrentía. La observación de los datos diarios permite apreciar una lenta reducción de los caudales desde primeros de diciembre, alcanzando su mínimo entre enero y febrero, algo menos en marzo. Son además caudales muy constantes que ni siquiera se elevan apreciablemente con ocasión de alguna precipitación. Por supuesto, siempre se moviliza agua suficiente como para que los estiajes no lleguen a mínimos extraordinarios y al cero es desconocido. Ambos aforos son muy parecidos por la duración de sus estiajes, si bien Aínsa se muestra más proclive a acortar en ocasiones sus episodios secos, como lo demuestra la tabla de probabilidades correspondiente. El hecho de que los estiajes invernales del Ara tiendan a ser más largos que los de la cabecera del Cinca altera un tanto la hipótesis general de que los estiajes son más acusados y prolongados conforme avanzamos más hacia el Este, en razón de la mayor continentalidad y de la disminución estacional de las precipitaciones.

La razón de esta anomalía no puede encontrarse en el régimen pluviométrico, por cuanto es muy similar en ambas cuencas e incluso en términos de volumen se decanta a favor del río Ara por su posición más occidental. Sólo las características altitudinales de cada cuenca pueden estar en la raíz de este fenómeno. Y, en efecto, regresando a la información incluida en el capítulo I, se comprueba que la cuenca del Ara engloba una proporción superior de tierras elevadas, lo que acentúa el papel de la innivación y de la retención nival. Este esquema no se reproduce todos los años y depende, lógicamente, del régimen térmico invernal. Si las corrientes oceánicas son capaces de penetrar con facilidad hasta el Ara y adelantar ligeramente el inicio de la primavera, el período seco puede acortarse en Boltaña, pero no en Aínsa, donde la primavera es más tardía.

El *estiaje de verano* es, sin embargo, muy diferente en uno y otro río. El Ara atraviesa por períodos prolongados de sequía, hasta el punto de que

Tabla n.º 65
**PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
 REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN**
 Estación de aforo: BOLTANA Río: ARA

Período frío	Probabilidad (%)	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días
99		1,8	1,9	2,0	2,3	2,3	5,5
95		2,3	2,5	2,8	3,6	4,8	10,8
75		3,5	4,0	5,0	7,4	10,4	26,8
50		4,6	5,8	7,8	12,6	19,4	48,0
25		6,4	8,7	13,2	21,9	39,6	83,2
10		8,9	13,2	23,2	37,3	83,1	133,4
Transformación (*)		-3	-3	-3	-1	-2	.1
χ^2 (**)		0,01	0,1	0,3	1,2	0,7	0,6
<hr/>							
Período cálido							
99		0,6	1,6	3,1	3,2	3,3	11,3
95		1,0	2,0	3,6	5,6	6,2	16,3
75		1,9	2,8	4,9	8,8	13,2	26,3
50		3,0	3,8	6,5	12,4	21,1	35,8
25		4,7	5,4	9,6	17,4	32,5	47,9
10		6,8	8,1	16,8	25,5	46,4	61,4
Transformación (*)		.1	-6	-1,0	-2	.2	.2
χ^2 (**)		0,6	0,3	0,03	0,3	0,004	0,6

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
 Período frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Período cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
 (*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
 (**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

Tabla n.º 66

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: AINSA Río: CINCA

Periodo frío	Probabilidad (%)	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días
99		2,1	3,0	5,5	7,2	10,0	10,0
95		3,8	5,3	7,6	10,3	13,5	14,3
75		7,9	10,4	12,6	17,5	19,8	26,8
50		12,4	15,5	18,5	25,7	28,0	43,8
25		18,7	22,1	28,1	38,4	44,1	75,7
10		26,4	29,6	42,2	56,0	79,4	131,0
Transformación (*)		.2	.3	-.2	-.1	-.7	loglog
χ^2 (**)		0,7	0,2	0,1	0,7	1,4	1,2

Periodo cálido

99		0,2	0,2	3,0	13,5	21,4	22,0
95		2,1	2,9	6,7	17,7	24,9	29,3
75		6,7	8,9	14,4	25,8	32,7	53,7
50		11,1	14,0	21,4	33,2	41,8	76,2
25		16,3	19,7	29,8	42,4	57,7	103,4
10		21,6	25,4	38,6	52,7	88,0	132,4
Transformación (*)		.6	.7	.5	.1	-1,0	.4
χ^2 (**)		0,02	0,2	1,1	0,09	0,6	2,2

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

Tabla n.º 67

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: EL GRADO Río: CINCA

<u>Periodo frío</u>	<u>Probabilidad (%)</u>	<u>7 días</u>	<u>15 días</u>	<u>30 días</u>	<u>45 días</u>	<u>60 días</u>	<u>90 días</u>
99		1,2	4,2	7,3	8,0	8,0	12,1
95		2,9	5,9	8,7	10,3	11,5	20,0
75		6,7	9,6	11,6	15,9	20,9	42,6
50		10,4	13,4	15,4	22,9	33,1	74,7
25		14,8	18,7	22,4	35,7	55,0	155,4
10		19,4	25,3	38,3	59,6	91,5	239,3
Transformación (*)		.5	log	-1,0	-5	loglog	-1
χ^2 (**)		0,9	1,0	0,9	0,1	0,4	0,2
<hr/>							
<u>Periodo cálido</u>							
99		3,2	4,4	8,7	11,3	14,8	18,7
95		4,6	6,1	10,9	14,2	19,3	27,7
75		7,3	9,8	15,6	20,8	29,2	48,5
50		10,0	13,6	20,6	28,5	40,4	71,5
25		13,5	18,9	27,8	41,5	57,8	105,4
10		17,6	25,4	37,4	62,4	82,9	149,5
Transformación (*)		-1	log	-3	-5	-3	log
χ^2 (**)		0,03	0,7	0,01	1,3	1,1	0,1

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero

Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre

(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.

(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

8 de los 13 años estudiados superan el umbral de 95 días de duración extendiéndose algunos más de 4 y hasta 5 meses, lo que no deja de sorprender en un medio donde la retención invernal es tan importante. Aunque variables, los mínimos absolutos son casi siempre inferiores a los invernales, a la vez que abarcan un mayor espacio de tiempo.

En el Cinca, el aforo de Aínsa sufre sequías de verano menos prolongadas que las invernales, aunque no siempre sucede así. De los 14 años estudiados sólo 2 tienen una duración superior a 95 días, y desde luego con cifras muy lejos de las que pueden señalarse para Boltaña. Incluso existe una cierta tendencia a que con frecuencia los estiajes sean casi inexistentes: 6 días de duración en 1967-68, 2 días en 1963-64 y ningún día en 1964-65. Lo normal es que el caudal de estiaje sea aceptable (entre 5 y 10 m³/sg.), pero a veces se presentan años extremadamente secos, más incluso que en el Ara, con caudales situados en torno a 1 ó 2 m.³/sg. aunque sean muy pocos días.

En términos de probabilidades (tabla n.º 78) la diferencia entre el Ara y el Cinca son también muy notables. Para casi todos los niveles de probabilidad, tanto en invierno como en verano, los estiajes son más prolongados en Boltaña que en Aínsa. Así, para un 50 % de probabilidades, los estiajes de invierno duran más de 76 días en Boltaña y más de 58 en Aínsa; y los de verano duran más de 97 días en Boltaña y más de 50 en Aínsa. Como se ve, en ese nivel de probabilidades, Boltaña rebasa siempre los umbrales señalados para delimitar la longitud de estiaje.

De todo lo anterior se deduce, pues, que los estiajes, tanto de verano como de invierno, son casi siempre más prolongados en el Ara que en el Cinca. Interesa, no obstante, saber cuál de los estiajes pesa más dentro de cada aforo. En ambos se ha podido comprobar que el mínimo absoluto anual es preferentemente de verano. La retención invernal puede ser muy intensa, pero siempre deja un margen para la escorrentía directa. De todas formas, se observa que en Aínsa tiende a aparecer una mayor proporción de mínimos absolutos en invierno (que representan el 38 % del total), sin duda porque las precipitaciones estivales impiden un descenso brutal del caudal. En Boltaña el mínimo absoluto de cada año se ha dado en un 27 % de ocasiones en invierno, dado que el verano no cuenta en la misma medida con las circunstancias favorables del alto Cinca.

En resumen, podemos concluir:

- a) Estiajes más prolongados en Boltaña que en Aínsa durante el invierno.
- b) Estiajes más duraderos en Boltaña que en Aínsa durante el verano.
- c) Mínimos absolutos predominantes de verano en ambos aforos.
- d) Mayor peso en Aínsa que en Boltaña de los mínimos absolutos de invierno, significando un nuevo paso hacia adelante en la intensificación de las sequías de estación fría.

En El Grado la situación cambia considerablemente con respecto a sus dos estaciones de cabecera, no sólo por la ampliación de la cuenca, sino

también porque difiere el período analizado. El *estiaje invernal* sigue siendo importante, arrastrando la impronta dejada aguas arriba por la retención nival y la reducción de las precipitaciones: de los 11 años de la serie, en 9 el período de aguas bajas dura más de 60 días, aproximándose en algún caso a los 4 ó 5 meses. Los caudales mínimos de estiaje son a veces muy profundos, llegando a rozar los 3 m³/sg. Por problemas de contemporaneidad de la serie, más que con los aforos de cabecera, conviene realizar comparaciones con el río Aragón en Yesa. Las diferencias son bien ostensibles; el estiaje de invierno es mucho más largo en El Grado que en Yesa y ello repercute en las cifras de caudales mínimos, que en Yesa se encuentran casi siempre por encima de los 10 m³/sg. Si acudimos a la tabla de probabilidades sobre duración de estiajes comprobaremos que existe un 50 % de probabilidades de que los estiajes de invierno duren más de 85 días en El Grado, por 31 en Yesa.

En verano, los estiajes son más largos, y de 11 ocasiones en 9 son superiores a 100 días. El caudal mínimo no es, sin embargo, tan acusado como pudiera esperarse. Varias veces incluso (6 en total) está por encima del mínimo absoluto de invierno, a pesar de que son más prolongados. En definitiva, pues, los estiajes de estación cálida del Cinca en El Grado pueden definirse como muy largos y poco profundos. Este fenómeno marca una nueva diferencia con Yesa, cuyos mínimos son realmente importantes. Su duración es, no obstante, muy parecida si se contempla año por año, aunque parece ligeramente más favorable la situación de El Grado, como puede deducirse de las tablas de probabilidades.

3.6.4. Cuenca del río Esera

Los datos diarios utilizados en la cuenca del Esera permiten disponer de una visión global suficiente acerca de las características de los estiajes. Pueden compararse los episodios secos de cabecera (Villanova) con los más próximos a la desembocadura (Graus) e incluso con la de un afluente de marcada tendencia pirenaica (Capella). Todos ellos cuentan con una larga serie de datos que abarca más o menos el mismo período.

El Esera representa un cambio considerable en la tipología de estiajes dentro de la provincia de Huesca. Por su situación en el macizo pirenaico y por las características termométricas y pluviométricas que rigen su régimen, los estiajes de verano pasan a ser siempre insignificantes frente a la preponderancia de las aguas bajas invernales. Esta característica aparece lógicamente de forma más señalada en su curso alto que en el bajo, por cuanto en ella incide notablemente el complejo papel de la nieve, ayudada por determinados condicionamientos pluviométricos.

En efecto, el aforo de Villanova se caracteriza por sus prolongados estiajes de invierno, pues de los 22 años estudiados, 18 superan el umbral de 60 días; 11 de ellos incluso duran más que 3 meses, aunque su prolongación en el tiempo no llega casi nunca a los 4 meses. Por otra parte, resulta interesante constatar que los mínimos absolutos de cada año giran siempre en

Tabla n.º 68
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: GRAUS Río: ESERA

Años	Periodo frio		Periodo cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1949-50	118	3,25	117	3,85
1950-51	94	2,96	24	4,17
1951-52	108	2,79	64	4,54
1952-53	133	2,81	144	2,46
1953-54	82	3,46	114	1,50
1954-55	77	3,33	76	3,33
1955-56	61	4,46	54	3,52
1956-57	133	2,53	129	4,53
1957-58	95	4,50	61	4,11
1958-59	85	4,08	24	3,71
1959-60	8	6,10	70	1,10
1960-61	95	3,10	66	2,80
1961-62	4	9,50	29	5,90
1962-63	49	6,70	46	1,70
1963-64	40	5,60	--	--
1964-65	72	3,50	37	4,90
1965-66	60	6,30	58	5,10
1966-67	71	5,10	45	3,20
1967-68	109	3,40	46	2,60
1968-69	12	7,20	32	2,10
1969-70	81	4,20	85	1,00
1970-71	78	3,30	48	2,95
1971-72	38	5,00	37	2,78
1972-73	95	2,10	97	1,00

Periodo frio: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

Tabla n.º 69
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES
 Estación de aforo: CAPELLA Río: ISABENA

<u>Años</u>	<u>Período frío</u>		<u>Período cálido</u>	
	<u>Duración</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Duración</u>	<u>Mínimo</u>
1951-52	106	0,74	72	1,26
1952-53	(sin datos)			
1953-54	(sin datos)			
1954-55	(sin datos)			
1955-56	58	1,22	125	0,29
1956-57	126	0,10	134	0,17
1957-58	93	0,20	184	0,12
1958-59	67	0,16	100	0,05
1959-60	6	1,80	26	0,00
1960-61	32	2,37	122	0,90
1961-62	-	-	139	0,35
1962-63	43	0,50	68	0,36
1963-64	51	1,18	51	1,56
1964-65	106	1,05	140	0,40
1965-66	4	2,94	86	1,68
1966-67	98	0,43	194	0,49
1967-68	44	2,40	128	0,91
1968-69	8	2,46	46	1,68
1969-70	-	-	55	0,96
1970-71				
1971-72				
1972-73				

Período frío: del 1 diciembre al 30 de abril

Período cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE REBASEN
LOS CAUDALES (m³/sg) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: GRAUS Río: ESERA

Periodo frío	Probabilidad (%)	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días
99		2,9	3,2	3,8	4,0	4,0	5,7
95		3,4	3,8	4,6	5,6	5,8	8,9
75		4,4	5,1	6,2	8,3	10,6	17,1
50		5,4	6,5	8,1	11,6	16,8	27,7
25		7,1	8,6	11,7	17,7	27,9	46,0
10		9,7	11,8	18,8	29,1	46,4	74,5
Transformación (*)		-0,8	-0,7	-0,9	-0,6	-0,2	-0,1
χ^2 (**)		1,1	0,7	0,4	0,3	0,5	1,2

Periodo cálido

99		1,7	1,9	4,9	6,6	7,8	23,3
95		2,7	3,5	6,2	8,6	12,0	27,3
75		4,4	6,2	9,2	13,1	20,3	35,8
50		5,8	8,3	12,3	18,2	28,0	45,4
25		7,3	10,5	17,1	26,2	37,6	61,5
10		8,8	12,7	23,6	37,7	48,0	89,0
Transformación (*)		.6	.7	-0,3	-0,3	.3	-0,9
χ^2 (**)		4,5	0,2	0,3	0,9	1,5	2,1

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

Tabla n.º 71

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: CAPELLA Río: ISABENA

Periodo frío	Probabilidad (x)	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días
99		0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,7
95		0,1	0,2	0,4	0,5	1,2	4,2
75		0,9	0,9	1,2	1,9	3,3	8,4
50		1,7	1,8	2,6	4,0	6,8	14,5
25		2,7	3,2	5,7	8,8	15,1	26,5
10		3,8	5,3	11,6	19,2	23,6	49,2
Transformación (*)		.6	loglog	log	loglog	-.1	-.2
χ^2 (**)		1,8	1,0	0,1	0,5	0,3	1,2
<hr/>							
Periodo cálido							
99		0,0	0,0	0,0	0,3	0,6	1,0
95		0,2	0,2	0,2	0,5	1,0	2,0
75		0,5	0,7	0,7	1,3	2,3	5,7
50		0,8	1,1	1,5	2,4	4,2	11,6
25		1,2	1,6	2,6	4,5	8,2	23,7
10		1,7	2,1	4,0	8,0	15,6	45,2
Transformación (*)		.5	.7	loglog	log	-.1	log
χ^2 (**)		0,3	0,7	0,7	0,1	0,04	0,1

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

torno a cifras muy similares. Con excepción del período 1969-73, y de algún otro año suelto (1964-65, 1962-63), más bajos de lo habitual, el mínimo está rondando los 3 ó 4 m³/sg., nunca más de 5 m³/sg., lo que indica una marcada pauta de regularidad. En los datos diarios dicha regularidad se manifiesta mejor que en ningún otro aforo: desde primeros de diciembre el caudal desciende progresivamente hasta que se estabiliza a finales de ese mes y ya sólo disminuye muy lentamente hasta alcanzar su mínimo, que casi siempre se presenta en marzo. A partir de ahí se inicia una suave recuperación, con caudales que a veces se repiten durante varios días, hasta que, llegado abril, se producen algunos incrementos más notables de caudal que anuncian la fusión primaveral y el fin del estiaje. Durante el período de aguas bajas apenas se producen altibajos de caudal, debido en primer lugar a que las precipitaciones pasan por momentos de atonía, pero sobre todo a que cuando éstas caen lo hacen en forma sólida, por lo que no pueden engrosar la escorrentía. Después de una caída de nieve puede haber fusión de las laderas bajas, pero lo normal es que no haya cambios muy bruscos de temperatura, por lo que dicha fusión es muy lenta y no altera considerablemente el ritmo de estiaje. Todo ello tiene mucho que ver con las características orográficas de la cuenca del Esera hasta Villanova. La duración de los estiajes de invierno en comparación con otras cuencas puede consultarse en la tabla correspondiente de probabilidades. Existe nada menos que un 75 % de probabilidades de que los episodios secos de invierno duren más de 63 días. Sin embargo, es importante señalar ahora que para un 10 % de probabilidades la duración previsible de los estiajes es inferior en Villanova que en Boltaña y similar a El Grado y Graus (y, por otras razones, a Barbastro). Es evidente, pues, que en determinadas circunstancias otros ríos pueden soportar estiajes de invierno más largos, lo que incide en la mayor regularidad de comportamiento del Esera, al menos en su cabecera.

En *verano* los papeles se invierten por completo. El estiaje es muy poco pronunciado, pues en ningún caso sobrepasa el umbral de 95 días y en 15 veranos de 22 su duración no ha llegado a 45 días. Algunos años puede hablarse de ausencia de estiaje, como en el caso de 1954-55 o de 1962-63. Sus mínimos absolutos no son tampoco muy profundos, pues para un umbral de estiaje situado en Villanova en 6 m³/sg. son normales mínimos entre 3 y 5 m³/sg. No obstante, pueden señalarse cifras muy bajas, como las registradas en el período 1969-73, en el que llega a darse un cero. De todas formas, su aparición es poco menos que anecdótica, pues si se analiza la tabla con los caudales mínimos no superados durante 7 días consecutivos en verano, se comprobará que en ningún caso se baja de 3,5 m³/sg.; es más, en varias ocasiones ese caudal mínimo está por encima del umbral de 6 m³/sg., lo que indica bien claramente la corta duración de los estiajes. Asimismo, podemos afirmar que en Villanova ningún período de estiaje dura nunca más de 30 días consecutivos (y en un 65 % de los casos nunca más de 15 días seguidos) debido al propio régimen de precipitaciones.

Como es sabido, la cabecera del Esera concentra buena parte de sus lluvias en verano y otoño. Eso dificulta enormemente el que puedan apare-

cer largos y profundos episodios secos. De hecho, el fenómeno puede comprobarse muy bien siguiendo la evolución de los caudales diarios: a primeros de julio la fusión sigue siendo muy importante. Cuando comienza a disminuir su importancia por agotamiento se observa que hay una serie de períodos —a veces bastante largos— que provocan un nuevo incremento de caudal, que se ve seguido al cabo de pocos días por una disminución, a su vez interrumpida por nuevos aumentos. Las lluvias de junio y julio impiden ver cómo se produce el final de la fusión y dan lugar a un episodio de aguas relativamente altas (julio y agosto) precisamente cuando los ríos más occidentales entran en su profundo estiaje.

La tabla de probabilidades sobre duración de estiajes señala también la brevedad de los estiajes. Sólo en un 10 % de los casos existe la probabilidad de que el estiaje dure más de 60 días (por supuesto no consecutivos) y sólo más de 32 días el 50 % de los casos. Son, pues, las cifras más bajas de toda la provincia.

Aguas abajo, el Esera recibe otro tipo de influencias pero conserva parte de las impuestas por su cabecera. En Graus el *período frío* sigue teniendo una sequía larga, pues si en la cabecera las precipitaciones caen en forma de nieve en el curso bajo ese fenómeno sigue incidiendo y no se ve muy compensado por la aportación fluvial directa, dado que estamos en un período de lluvias escasas. Con todo, disminuye algo con respecto a Villanova la proporción de estiajes largos (17 años de los 24 analizados rebasan el umbral de 60 días de duración). Los mínimos absolutos son lógicamente más elevados (varios superan los 6 m³/sg.), pero por lo general son bastante parecidos. Si se analizan los datos diarios, se observa también una gran regularidad de los caudales invernales, con repetición de las cifras en enero y febrero; ahora bien, con cierta frecuencia aparecen ligeras elevaciones, que en algún caso pueden ser importantes, provocadas por precipitaciones caídas en forma líquida en los tramos medios e inferior de la cuenca. La tabla de probabilidades sobre duración de estiajes refleja estas circunstancias al plantear períodos secos más cortos que en Villanova para cualquier nivel de probabilidad.

En *verano*, por el contrario, los estiajes del Esera en Graus son más prolongados que en Villanova. En realidad, lo que sucede es que la tasa de precipitaciones estivales en el curso bajo es menor, y además tales lluvias son menos eficaces por la intensa evaporación. Aun así, las aguas bajas del Esera están a un nivel muy favorable en comparación con otros ríos de la provincia. Señalemos de entrada que en 19 de los 24 años estudiados los estiajes de verano no han superado los 95 días de duración y que incluso más de la mitad han tenido una duración inferior a 2 meses. La tabla n.º 78 deja en muy buena posición el aforo de Graus, en el que sólo existe un 25 % de probabilidades de que los estiajes duren más de 84 días. En definitiva, pues, a pesar de hallarnos en el curso bajo, estamos todavía con predominio de los estiajes de invierno sobre los de verano. A pesar de ello, sin embargo, los mínimos absolutos son algo más profundos en verano que en invierno, lo que marca un matiz diferenciador con respecto a Villanova.

Las razones están muy claras, como consecuencia de la evaporación estival y de la menor retención nival de invierno.

Todo lo señalado para el río Esera en Villanova y Graus carece de sentido a la hora de explicar los estiajes de su afluente principal, el Isábena. Las características de este río son muy diferentes de las del principal, por lo que se refiere a distribución altimétrica, volumen de precipitaciones y retención nival. De ahí que los estiajes se presenten de forma muy diferente tanto en invierno como en verano.

Se ha dicho ya anteriormente que el Isábena es un río irregular. Esta definición se ajusta muy bien a la hora de hablar de los estiajes, especialmente los de *invierno*, que presenta una enorme aleatoriedad. De un total de 16 años analizados, en 6 ocasiones el estiaje de invierno ha tenido una duración superior a 60 días (sobre todo 1956-57), mientras que en otros años no se ha registrado estiaje (1961-62 y 1972-73) o su duración ha sido mínima (4 días en 1965-66 y 6 días en 1969-70). Por esta razón, los mínimos absolutos presentan una fuerte variación, pues en unos casos rozan el umbral de estiaje y en otros ven discurrir caudales paupérrimos (0,1 m³/sg. en 1956-57 o 0,16 m³/sg. en 1958-59). De todas formas, en términos generales el estiaje invernal del Isábena no puede definirse como largo. Lo normal es una duración media entre un mes y dos. La tabla de duración de estiajes de invierno sitúa a Capella en buena posición, pues para un nivel de probabilidades del 50 % queda inmediatamente por detrás del Aragón en Yesa, del Veral en Zuriza y del Gállego en Santa Eulalia. Sin embargo, las razones de este fenómeno distan mucho de ser similares a las de los ríos citados.

En efecto, en Capella no puede hablarse ni de precipitaciones oceánicas ni de retención nival en invierno. Las lluvias de diciembre a marzo no son muy abundantes —se alcanza un mínimo en enero y febrero—, pero al caer en forma líquida y no haber apenas evaporación, los estiajes se presentan de forma más moderada que en el Esera. Cuando los episodios secos se prolongan más de lo normal (por encima de 80 días), el origen no está en un invierno especialmente crudo que aumenta la retención, sino en un invierno muy seco. Es, pues, un estiaje en todo caso pluvial muy irregular en cuanto a su intensidad y duración.

Los *estiajes de verano* son mucho más largos y profundos. No olvidemos que la nieve no desempeña ningún papel hidrológico importante y que, por lo tanto, no puede retrasar el inicio de la sequía ni crear una notable reserva hídrica con su lenta fusión. Por otra parte, las tormentas de verano, muy frecuentes en toda la región, son muy irregulares y descargan en un momento en que la evaporación es muy intensa. A lo sumo provocan un incremento brusco de caudal, pero su influencia se pierde a los 3 ó 4 días. De esta forma, nos encontramos con que 9 años de los 16 analizados el período seco se prolonga más allá de 95 días, casi siempre por encima de los 4 meses de duración. Incluso el estiaje veraniego de 1966-67 duró algo más de 6 meses. Y es que lo normal es que el período seco se extienda muchas veces hasta el otoño, generalmente hasta mediados de noviembre. En térmi-

nos de probabilidad la sequía estival del Isábena es comparable a la de la cuenca del Aragón, sólo que algo inferior en longitud por las tormentas ya aludidas.

Por su intensidad, el estiaje de verano sólo es comparable a los ríos prepirenaicos. En la cuenca del Aragón puede darse con cierta frecuencia un período seco excepcional en el que los caudales descienden hasta mínimos de penuria, pero no es habitual. En el Isábena es muy raro que el mínimo absoluto de verano supere $1 \text{ m}^3/\text{sg}$. Existen incluso registros tan bajos como el de $0,05 \text{ m}^3/\text{sg}$. en 1958-59 o el de cero m^3/sg . en el verano de 1959-60. Precisamente este último mínimo se dio en un año con un estiaje muy corto (26 días), lo que demuestra que aunque la norma general son los estiajes largos y profundos puedan coexistir con ellos algunos estiajes largos y profundos, puedan coexistir con ello algunos estiajes cortos pero igualmente profundos. Este fenómeno no deja de ser normal en ríos pequeños con cuencas de escasa capacidad de autorregulación: el caudal disminuye muy rápidamente tras los períodos de lluvias y puede llegar a cero si no se recrudece la inestabilidad atmosférica.

3.6.5. Cuenca del río Noguera Ribagorzana

El Noguera Ribagorzana es un río muy parecido al Esera en todos los factores del régimen fluvial. En el tema de los estiajes no podía ser muy diferente y, de hecho, se ajusta bastante bien a lo señalado en el epígrafe anterior. De todas formas, pueden hallarse algunas diferencias notables que acercan al Noguera Ribagorzana más al Cinca que al mismo Esera. Sus estiajes se caracterizan, como en el Esera, y mucho más que en el alto Cinca, por la mayor duración de los episodios secos de invierno.

Tal afirmación se desprende de numerosos hechos. Para empezar, señalemos que de los 19 años analizados en 12 fue más prolongado el estiaje de invierno que el de verano y que para cualquier nivel de probabilidad la duración invernal es siempre superior superior a la estival. En 11 ocasiones el período seco de invierno se prolonga más de 60 días, aunque su duración tampoco es demasiado elevada (por supuesto, menos que en Villanova). Se han dado inviernos con sequía casi inexistente (13 días en 1959-60, 7 en 1965-66). Todo depende del régimen térmico de cada invierno, que incide directamente en la creación o no de mayor reserva de nieve. La evolución de los datos diarios es muy similar a la de la cabecera del Esera, con repetición casi constante de caudales en enero y febrero, pero en marzo las lluvias provocan notables oscilaciones y la finalización del estiaje. Este no es por lo común muy profundo, con caudales situados entre 3 y $6 \text{ m}^3/\text{sg}$. En años excepcionales puede bajar incluso de $2 \text{ m}^3/\text{sg}$. y existe un registro de $0 \text{ m}^3/\text{sg}$.

Si los veranos no acusan estiajes tan prolongados como los de invierno, su intensidad puede ser, sin embargo, similar o incluso mayor. Es muy raro que el máximo absoluto de cada año en verano pase de $6 \text{ m}^3/$ y es

Tabla n.º 72

DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES

Estación de aforo: PONT DE SUERT

Río: N. RIBAGORZANA

Años	Periodo frio		Periodo cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1952-53	96	4,25	72	3,69
1953-54	98	3,93	115	3,15
1954-55	68	2,48	34	5,84
1955-56	75	2,36	94	1,57
1956-57	129	1,11	125	2,39
1957-58	109	2,39	108	2,93
1958-59	67	2,74	1	8,11
1959-60	13	6,58	14	4,50
1960-61	21	3,80	50	1,90
1961-62		(sin datos)		
1962-63		(sin datos)		
1963-64	52	0,00	23	4,50
1964-65	102	1,76	35	2,60
1965-66	7	5,18	14	5,66
1966-67	35	4,36	40	3,68
1967-68	31	5,31	22	5,05
1968-69	48	2,95	17	6,40
1969-70	38	6,40	70	4,08
1970-71	86	3,40	55	5,40
1971-72	68	4,35	6	7,32
1972-73	105	5,43	85	4,89

Periodo frio: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

Tabla n.º 73

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE
REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: PONT DE SUERT Río: N. RIBAGORZANA

<u>Periodo frío</u>	<u>Probabilidad (z)</u>	<u>7 días</u>	<u>15 días</u>	<u>30 días</u>	<u>45 días</u>	<u>60 días</u>	<u>90 días</u>
99	1,9	2,1	2,1	2,2	3,0	9,6	
95	3,0	3,5	3,7	4,1	4,7	11,4	
75	4,7	5,6	6,6	7,7	8,3	15,4	
50	6,1	7,1	9,1	10,6	12,0	20,2	
25	7,5	8,7	11,9	14,0	16,9	28,7	
10	8,9	10,0	14,8	17,4	22,5	45,5	
Transformación (*)	.7	1,0	.5	.6	.2	-.9	
χ^2 (**)	0,4	0,3	0,1	0,1	0,03	0,2	
<hr/>							
<u>Periodo cálido</u>							
99	2,3	3,5	4,0	4,0	7,0	10,5	
95	3,4	4,6	5,6	6,2	9,6	14,4	
75	5,4	6,7	8,7	10,6	14,4	22,6	
50	7,1	8,4	11,6	14,7	18,8	30,9	
25	9,1	10,6	15,4	19,9	24,2	42,3	
10	11,0	12,9	19,8	25,5	30,1	56,2	
Transformación (*)	.5	.2	-.1	-.3	-.2	log	
χ^2 (**)	0,4	0,2	0,4	0,1	0,04	0,1	

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero

Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre

(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.

(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

normal que descienda por debajo de $3,5 \text{ m}^3/\text{sg.}$, aunque siempre por muy pocos días. La prueba está en que sólo dos veranos de los estudiados han visto caudales inferiores a $4 \text{ m}^3/\text{sg.}$ durante 7 días consecutivos.

Por su duración, podemos decir que, en efecto, las sequías estivales del Noguera Ribagorzana son muy cortas. Sólo 3 de los 19 años han soportado un estiaje de más de 95 días. Y a la vista de las cifras disponibles, lo habitual es que no duren más allá de mes y medio, desde luego en días no consecutivos interrumpidos por alguna tormenta de verano. El origen de este fenómeno es similar al del río Esera: la fusión de nieve es tardía y retrasa la llegada de los estiajes. En el momento en que la nieve debería dejar paso a caudales muy bajos, se recrudece la actividad tormentosa, notable en junio, agosto y septiembre. Por si esto fuera poco, el otoño ve reactivarse la influencia mediterránea que impide las más de las veces que los estiajes puedan prolongarse a octubre y noviembre, como sí sucede a veces en ríos occidentales.

Así, si en estiajes de invierno Pont de Suert queda dentro de los aforos básicos en un nivel intermedio, con mayor duración que en los ríos Aragón, Gállego, Isábena y Cinca-Aínsa, en los estiajes de verano ocupa la segunda posición entre los más cortos, inmediatamente por detrás de villanova.

3.6.6. Cuenca prepirenaica

Para el estudio de los estiajes en los pequeños ríos prepirenaicos contamos con los datos diarios del río Vero en Barbastro, representativos de todo lo que sucede en esa región. Cuenta con una serie de 21 años y por su duración e intensidad los estiajes del Vero representan un modelo típico submediterráneo.

Teóricamente, en el río Vero —como en el resto de los prepirenaicos— no debería haber *estiaje de invierno* o como mucho debería ser puramente accidental. La estación fría es la única que recibe una cantidad aceptable de precipitaciones y como además no existe la más mínima retención nival, no es de esperar que el caudal descienda a niveles muy profundos. La observación de los datos sobre duración de estiajes demuestra que esto no es así. En 12 de los 21 años estudiados, el período seco se prolongó más de 60 días, en ocasiones hasta cinco meses, lo que indica la importancia aleatoria de estas situaciones no tan excepcionales. En otras ocasiones, por el contrario, el estiaje es prácticamente inexistente y de ahí que pueda hablarse de una gran irregularidad. Los estiajes de invierno se explican precisamente por esa irregularidad con que caen las precipitaciones, muy variables de unos años a otros y porque no es infrecuente que el mínimo anual se dé en época fría (enero y febrero). Hay que tener en cuenta que en años secos las precipitaciones de otoño son muy débiles, incapaces de recuperar las reservas hídricas, de tal forma que el invierno prolonga la situación de aguas bajas del verano y el otoño. La ya aludida irregularidad se pone de manifiesto en la tabla de probabilidad de duración de estiajes. Si existe un 5 %

Tabla n.º 74
DURACION (DIAS) E INTENSIDAD (M.³/SG.) DE ESTIAJES

Estación de aforo: BARBASTRO Río: VERO

Años	Periodo frio		Periodo cálido	
	Duración	Mínimo	Duración	Mínimo
1947-48	143	0,07	210	0,07
1948-49	150	0,15	201	0,04
1949-50	150	0,07	203	0,02
1950-51	10	0,92	55	0,74
1951-52	104	0,54	182	0,00
1952-53	151	0,04	165	0,04
1953-54	97	0,05	176	0,05
1954-55	96	0,10	158	0,10
1955-56	94	0,39	170	0,05
1956-57	141	0,01	159	0,01
1957-58	126	0,01	211	0,01
1958-59	93	0,01	166	0,03
1959-60	42	0,28	123	0,15
1960-61	33	0,80	153	0,22
1961-62	12	1,30	180	0,35
1962-63	29	0,35	86	0,60
1963-64	56	0,35	136	0,35
1964-65	117	0,30	141	0,05
1965-66	49	0,45	65	0,10
1966-67	-	-	26	0,48
1967-68	-	-	20	0,24
1968-69				
1969-70				
1970-71				
1971-72				
1972-73				

Periodo frio: del 1 diciembre al 30 de abril

Periodo cálido: del 1 de mayo al 30 de noviembre

Duración: número de días con caudal igual o inferior a la mitad del caudal medio anual.

Intensidad: caudal mínimo registrado en el periodo.

Tabla n.º 75

PROBABILIDADES DE QUE EN «N» DIAS CONSECUTIVOS SE REBASEN LOS CAUDALES (M.³/SG.) QUE SE INDICAN
Estación de aforo: BARBASTRO Río: VERO

Periodo frío	Probabilidad (±)	7 días	15 días	30 días	45 días	60 días	90 días
99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2
75	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	2,3
50	0,3	0,4	0,7	0,7	1,1	1,6	6,7
25	0,7	0,8	1,5	1,5	3,0	4,8	16,6
10	1,4	1,6	2,8	2,8	6,8	12,7	33,1
Transformación (*)	.1	.1	.2	.1	log		.2
χ^2 (**)	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0,5	0,1
<hr/>							
Periodo cálido							
99	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
95	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
75	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	1,9
50	0,1	0,1	0,3	0,3	0,8	1,5	3,7
25	0,3	0,3	1,0	1,0	2,4	4,4	7,7
10	0,6	0,8	2,7	2,7	5,6	9,6	17,0
Transformación (*)	.2	.1	log	.1	.2		.2
χ^2 (**)	0,3	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,7

NOTA: Cuando la distribución ajustada predice caudales negativos, éstos se han sustituido por cero
Periodo frío: del 1 de diciembre al 30 de abril. Periodo cálido: del 1 de Mayo al 30 de noviembre
(*) Transformación utilizada para normalizar la distribución: x elevado al número que se indica, $\log(x)$, $\log \log(x)$.
(**) Estadístico para probar la normalidad en base a la asimetría y kurtosis. El subrayado indica el rechazo de la normalidad para un nivel de probabilidad del 5%.

de probabilidades de que no haya períodos secos, también es cierto que existe otro 10 % de probabilidades de que duren más de 147 días.

De todas formas, sean cortos o largos los estiajes, siempre son profundos. Sólo en una ocasión (1961-62), en un invierno sin apenas estiaje, el mínimo absoluto superó $1 \text{ m}^3/\text{sg.}$. Lo normal son mínimos inferiores a $0,5 \text{ m}^3/\text{sg.}$, e incluso muy por debajo ($0,01 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en 1957-58 y 1958-59).

Como es lógico, en verano se intensifican los estiajes prepirenaicos. Sólo excepcionalmente duran menos de 95 días (en 5 ocasiones de 21) y es totalmente normal que rebasen los 150 y aun los 200 días; en definitiva, la totalidad de los meses veraniegos más octubre, gran parte de noviembre y a veces parte de mayo. Lo cierto es que el caudal de los ríos prepirenaicos comienza a disminuir paulatinamente desde el mes de marzo, de modo que en mayo los caudales se encuentran muchas veces por debajo del umbral del estiaje. En el período junio-octubre el caudal es menor de $1 \text{ m}^3/\text{sg.}$ y sólo ocasionalmente, tras una tormenta, suben por encima de esa cifra durante pocos días. El mínimo absoluto se alcanza normalmente a finales de agosto, después de que los caudales mínimos se vinieran repitiendo día tras día. En la tabla de probabilidades se comprueba que los estiajes del Vero en Barbastro son, con mucho, los más prolongados de entre las estaciones básicas. Para una probabilidad del 50 % los episodios hidrológicos secos duran *más de 142 días* y existe hasta un 10 % de probabilidades de que duren *más de 215 días*.

En el Vero los estiajes de verano son también los más profundos porque responden a un período de intensa evaporación y escasas precipitaciones, esquema unido a las desfavorables características de la cuenca para crear una importante reserva hídrica. Baste señalar que el mínimo absoluto más elevado fue $0,74 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en 1950-51. Pero lo normal son cifras próximas a $0,1 \text{ m}^3/\text{sg.}$ o que excepcionalmente el río discurra seco durante unos pocos días. Si acudimos a los caudales no superados en n días comprobaremos que algunos años durante 60 días los caudales han sido muy bajos, pues no se han superado $0,01 \text{ m}^3/\text{sg.}$ (1957-58) ó $0,15 \text{ m}^3/\text{sg.}$ (1953). Es evidente que una intensidad de este tipo sólo es comparable —y a cierta distancia— con los datos extraídos para el estudio del río Isábena.

3.6.7. Estudio comparado de los estiajes de la provincia de Huesca

La práctica totalidad de los ríos oscenses presentan dos períodos secos a lo largo del año hidrológico: un estiaje de invierno y otro de verano. Sólo que su importancia relativa es variable y en algunos cursos de agua puede ser insensible uno de ellos. Analizando la intensidad y duración de las sequías de invierno y verano, pueden establecerse dos principios generales:

a) En invierno los estiajes son más prolongados e intensos cuanto más avanzamos hacia el Este. Y así, en efecto, comprobamos que la cuenca del Aragón apenas ve descender su caudal por debajo del umbral de estiaje, como consecuencia de las precipitaciones invernales de signo oceánico, alternando en ocasiones con períodos más suaves que provocan una

cierta fusión temporal; la primavera, por otra parte, se adelanta mucho impidiendo que el periodo seco pueda extenderse hasta el mes de marzo. El estiaje es más intenso en el Gállego que en el Aragón, en la cuenca del Cinca que en la del Gállego, y en el Esera que en el Cinca. En el Esera es donde los estiajes de invierno son más largos e intensos, mientras que algo más al Este, en el Noguera Ribagorzana, se produce una aproximación al Cinca. En esta distribución espacial intervienen esencialmente dos tipos de factores:

— La retención nival, tanto mayor cuanto más elevados son los relieves integrados en la cuenca. La innivación es muy importante hacia el Oeste, pero su fusión es muy rápida. Hacia el Este los elevados macizos de Marboré-Monte Perdido o de la Maladeta-Aneto retienen la nieve durante un período prolongado de tiempo.

— El volumen global de precipitaciones, muy superior en el Oeste durante el invierno. Aparte de la caída en forma sólida, en los tramos medios y bajos de la cuenca del Aragón la lluvia cae abundantemente y mantiene un nivel elevado de la escorrentía invernal. Conforme nos desplazamos hacia el Este las precipitaciones invernales son más débiles y enero y febrero constituyen mínimos anuales considerables.

b) Durante el verano la situación cambia por completo. Ahora los estiajes más prolongados e intensos corresponden al Oeste. El Aragón y sus afluentes son los ríos oscenses que experimentan períodos secos más largos, con caudales inferiores en ocasiones a $5 \text{ m}^3/\text{sg.}$ en el río principal. En el extremo opuesto, el Esera apenas sufre un estiaje de 1 ó 2 meses con mucho, a veces menos, y sus caudales mínimos son casi siempre superiores a los invernales. Esta progresiva reducción de los estiajes hacia el Este se debe, en primer lugar, a que la fusión prolonga su papel hasta bien entrado el mes de julio; y, en segundo lugar, a que las precipitaciones de verano adquieren cierto vigor.

Así, pues, hacia el Oeste los estiajes son de verano y hacia el Este son de invierno, aunque en ambos casos puedan aparecer períodos más cortos de sequía en la estación contraria. La inflexión hacia uno u otro tipo parece producirse en la cuenca del Cinca; es evidente que los ríos Aragón y Gállego pertenecen al modelo de estiajes de verano, más el primero que el segundo; y también está claro que los ríos Esera y Noguera Ribagorzana entran dentro del modelo de estiajes de invierno. La cabecera del Cinca hasta Aínsa se decanta por este último tipo, pero en el río Ara puede haber más dudas, aunque si se analiza la tabla de probabilidades sobre la duración de estiajes se llega a la conclusión de que para cualquier nivel de probabilidad la sequía estival es más larga que la invernal, aunque no puede hablarse de grandes diferencias. Así, pues, el río Ara es el que ejerce el papel de enlace entre uno y otro tipo de estiajes.

Si centramos el análisis en Yesa (río Aragón) y El Grado (río Cinca) para comparar a los dos grandes ríos de la provincia una vez que han cubierto buena parte de su recorrido, veremos que en ambos casos el estiaje de verano es superior al de invierno. Ello no deja de ser obvio en un aforo

como El Grado, en el que el río ha drenado ya un importante sector prepirenaico. Sin embargo, los episodios secos de invierno son más prolongados en el Cinca que en el Aragón, y, por el contrario, en verano los caudales que pasan por el Grado mantienen un nivel superior a los de Yesa, y, por supuesto, duran algo menos (aproximadamente el estiaje de verano es un mes más corto), gracias al mantenimiento de las influencias de cabecera.

Si atendemos a los ríos prepirenaicos, el problema es completamente distinto. Ni el Isábena ni el Vero —como los restantes— poseen retención nival en cabecera y su régimen es de tipo pluvial. Los estiajes se presentan con el agotamiento de las reservas hídricas del subsuelo y la disminución de las precipitaciones. Los estiajes son propiamente de verano, aunque pueden aparecer estiajes muy largos y profundos en invierno, más en los prepirenaicos propiamente dichos que en el Isábena.

IV. CONCLUSIONES

A lo largo del presente estudio se han esbozado las conclusiones más destacadas sobre el régimen fluvial y la importancia relativa de crecidas o estiajes de las diversas cuencas fluviales del Alto Aragón. En muchos casos, el propio lector habrá extraído sus propias conclusiones, que no pueden ser totalmente independientes de un capítulo a otro. Aun a riesgo de ser repetitivos, creemos que deben destacarse las siguientes:

1. Existe una relación estrecha entre las variables físicas y los caracteres de la esorrentía, tal como se comprueba al estudiar crecidas y estiajes. La relación es todavía mayor entre precipitaciones y esorrentía.

2. El ritmo de precipitaciones presenta notables diferencias entre unas áreas y otras de la provincia. Hacia el noroeste las influencias oceánicas dejan caer importantes cantidades de agua en invierno; en el centro y este del Pirineo oscense las precipitaciones son más equinociales, con desplazamientos de los máximos incluso hacia junio o agosto, mientras que el invierno se manifiesta como una estación seca. En la Depresión del Ebro las lluvias, muy mediterráneas, presentan incrementos en otoño y primavera, con importante sequía estival.

3. Las precipitaciones invernales caen frecuentemente en forma de nieve. Se ha estimado la cantidad de nieve que constituye reserva durante el invierno y se ha podido comprobar que ésta es muy importante en todas las cabeceras, pero especialmente en la del Ara, por las favorables condiciones del relieve. Hacia el este, la retención invernal, con ser muy grande, es relativamente menor por el descenso de las precipitaciones de diciembre a febrero; hacia el oeste también disminuye su papel por el efecto de la altitud y de la penetración de las influencias suavizantes del océano.

4. El río Aragón es el segundo de la provincia de Huesca por su aportación. Posee la mayor regularidad interanual, pero su régimen mensual es, por el contrario, de los más irregulares, con oscilaciones de su máximo entre marzo y mayo. Sin duda, interviene aquí el hecho de que la nieve funde relativamente pronto. En este fenómeno está también el origen de unas sequías de verano muy profundas y prolongadas. Sus crecidas pueden llegar a ser muy importantes, superando al Cinca en El Grado.

5. El río Gállego cuenta con una cabecera bien regada, pero con unos cursos medio y bajo en los que no recibe aportaciones de importancia. Su régimen está por ello marcado por la cabecera, si bien en Santa Eulalia el estiaje invernal no es muy profundo por la aportación directa de los afluentes prepirenaicos. Sus crecidas no son espectaculares, pero sí muy frecuentes y en ese sentido se comporta como uno de los ríos más torrenciales de la provincia. Sus estiajes se dejan sentir a mediados de julio y son menos profundos —en términos relativos— que los del Aragón.

6. En la cuenca del Cinca se manifiestan importantes influencias continentales, con una tendencia a la disminución de las lluvias de invierno. La retención invernal es muy grande y el río Cinca lo acusa con estiajes de estación fría mayores que los de verano. Las aguas bajas de verano son poco acentuadas gracias a la reserva nival creada en invierno y a la persistencia de algunos neveros por encima de 2.700 m. de altitud. Por su parte, el Ara es el río más torrencial de la provincia, por la brutalidad de sus crecidas. De la unión de estos dos ríos en Aínsa surge el más importante de Huesca, que más tarde aún ve engrosadas sus aguas con las del Esera y de sus afluentes prepirenaicos. Por Fraga el Cinca aporta el doble de caudal que el río Aragón y sus crecidas son asimismo las más voluminosas si existe concomitancia en toda su cuenca.

7. El río Esera es irregular en sus aportaciones interanuales, pero su régimen mensual es el más regular; es decir, que el modelo anual de distribución de caudales mensuales se repite insistentemente. Por la altitud de su cabecera las precipitaciones invernales crean una importante reserva de nieve que si no es mayor es por la reducción de la actividad frontal. Ciertamente es que durante el invierno, a la altura de Villanova, los caudales descienden a mínimos muy profundos hasta que se recuperan durante el mes de abril. La fusión nival se prolonga hasta bien entrado el verano, enlazando con una actividad tormentosa que contribuye a evitar la aparición de auténticos estiajes. Sus crecidas son, por otra parte, menos importantes que en otros ríos oscenses.

8. El río Noguera Ribagorzana se parece mucho al Esera en su cabecera, con gran descenso de caudal en invierno e inapreciable estiaje en verano. Su aportación total se sitúa tanto en Pont de Suert como en Piñana por detrás de los ríos importantes de la provincia. Se ha estimado que sus aguas proceden en un 40 % de la provincia de Huesca.

9. Los ríos prepirenaicos se caracterizan por la pobreza de sus caudales debido a la drástica reducción de las precipitaciones y al aumento de la evaporación. Son ríos muy irregulares a nivel de aportación interanual y en cuanto a su modelo de distribución mensual. En verano pueden llevar su cauce prácticamente seco y sus aguas altas coinciden con el recrudecimiento de las lluvias (marzo), lo que les define como pluviales mediterráneos, frente a la influencia nivo-pluvial o pluvionival de los ríos alto-pirenaicos. Con todo, matizan el régimen del Cinca en Fraga y en años húmedos pueden engrosar notablemente el caudal del río principal.

10. La velocidad de fusión de la nieve presenta un claro gradiente de Oeste a Este. En la cuenca del Aragón la fusión comienza pronto (en mar-

zo para el Veral y el Subordán), mientras que en el Esera no se aprecia el inicio hasta mediados o finales de abril. Por ello, acaba ya en el Aragón a primeros de junio, se va prolongando hasta mediados en el Gállego, finales de junio y primeros de julio en el Cinca y mediados de julio en el Esera.

11. Los estiajes son siempre más profundos hacia el Oeste, donde tanto el Esca como el Veral atraviesan por períodos muy secos. Sin embargo, el retraso en la fusión de la nieve y la actividad tormentosa reducen hasta el este la importancia de los estiajes.

12. Por el contrario, los períodos de aguas bajas invernales son más acusados en Sobrarbe y Ribagorza. En este sector tiene lugar un descenso de precipitaciones y, en todo caso, la lluvia caída queda siempre retenida en forma de nieve. En la cabecera del Aragón la nieve caída es muy importante, pero existen afluencias oceánicas más suaves que permiten una cierta fusión, lo que unido a la reactivación frontal da lugar a escorrentías invernales relativamente elevadas, sobre todo en el río Esca. Entre el Aragón y los ríos Esera y Ribagorza existe toda una transición en la importancia de la retención nival.

13. Por lo que respecta a las variaciones mensuales, los ríos más continentales (Cinca, Esera y Noguera Ribagorzana) son los más regulares, dado el papel que desempeña la nieve en su régimen. Sin embargo, en las variaciones interanuales son los oceánicos los más regulares (Aragón y muy secundariamente el Gállego), ya que su proximidad al paso de las corrientes frontales contribuye a asegurar un volumen de precipitaciones.

14. Es muy difícil que las crecidas de los ríos oscenses se produzcan sincrónicamente, pues las grandes lluvias procedentes del Atlántico en invierno quedan en forma de nieve en el Cinca y en el Esera; por el contrario, las crecidas de junio de estos dos últimos ríos encuentran al Aragón y al Gállego en fase de agotamiento de sus reservas nivales. Únicamente en otoño puede haber coincidencia, tal como sucedió en noviembre de 1966, aunque si las lluvias proceden del Oeste, su importancia siempre será mayor en el Aragón y en el Gállego.

15. Las crecidas tienden a ser de invierno en el Aragón (Yesa), de primavera en el Gállego (Santa Eulalia), de primavera y otoño en el Cinca (El Grado), de primavera y verano en el Esera y Noguera Ribagorzana, y de otoño en el Prepirineo. De todas formas, cada río tiene también importantes posibilidades de generar crecidas en otras épocas del año con la particularidad de que tales posibilidades son casi nulas para el Aragón en verano y nulas para el Esera en invierno. En cualquier caso, las grandes crecidas suelen tener una marcada preferencia por el otoño.

16. Los grandes embalses de la provincia de Huesca —dejando al margen los que tienen una finalidad hidro-eléctrica— se dirigen a regular estiajes, acumulando agua desde el momento en que las precipitaciones otoñales lo permiten.

17. Los ríos orientales, más regulares a lo largo del año, requieren una regulación anual menor que los occidentales, cuyo estiaje es mucho más profundo y prolongado. La regularidad actual máxima se alcanza en el Noguera Ribagorzana y en el Cinca.

18. Los recursos hídricos de la provincia de Huesca contribuyen en gran medida a engrosar los del río Ebro, cuyas aguas proceden en casi una tercera parte del territorio comprendido entre el río Esca y la cabecera del Noguera Ribagorzana. Su papel es aún más importante en el contexto del Ebro, por cuanto contribuyen a paliar su estiaje, que se acusa ya desde el mes de mayo. No hay que olvidar que hasta que recibe sus grandes afluentes pirenaicos, e incluso hasta que recibe al complejo Cinca-Segre, el Ebro es un río oceánico con aguas altas de invierno y acusada sequía estival. Por otra parte, interesa resaltar que las crecidas del Ebro raras veces son coincidentes con las crecidas de los ríos oscenses, pues aquél concentra sus avenidas entre diciembre y marzo, período de aguas bajas en el Cinca-Ara, en el Esera, en el Noguera Ribagorzana y, en menor medida, en el Gállego. Así pues, son los ríos oscenses unidos al Segre los que contribuyen a regularizar el régimen del Ebro, atenuando sus períodos críticos y contribuyendo con sus caudales a engrosar las aguas del que a partir de entonces es el río más caudaloso de España.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BECERRIL, E. (1959), *La regulación de los ríos*. C.S.I.C., 113 pp., Madrid.
- COLLADO LÓPEZ, J. A., 1984, *Análisis del aprovechamiento integral de los recursos hidráulicos, tanto superficiales como subterráneos en Aragón y su incidencia en la ordenación del territorio*. Institución Fernando el Católico, 287 pp., Zaragoza.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M., 1976, *Hidrología subterránea*. Omega, 1.144 pp., Barcelona.
- CHORLEY, R. J. (ed.), 1978, *Introduction to geographical hydrology*. Methuen and CO., 206 pp., London.
- DAUMAS, M., 1964, *La crue de 3 aout dans les hautes vallées aragonaises et catalanes*. «R.G.P.S.O.», 35: 305-310, Toulouse.
- DAVY, L., 1978, *L'Ebre. Etude hydrologique*. Université de Lille III, 803 pp., Lille.
- FRANK, E. C. y LEE, R., 1966, *Potential solar beam irradiation on slopes*. U.S. Forest Services Res. Paper, Rm.-18, 116 pp.
- GARCÍA RUIZ, J. M.^a, 1980, *Los estudios sobre hidrología continental en España*. «Melanges Hispaniques offertes a J. Sermet», pp. 93-99, Toulouse.
- GARCÍA RUIZ, J. M.^a; PUIGDEFÁBREGAS TOMÁS, J. y CREUSNOVAU, J., 1980, *Influencia de las características físicas de cuencas hidrográficas en la frecuencia e intensidad de crecidas*. «Cuadernos de Investigación Geográfica», 6(1-2):18-37, Logroño.
- GARCÍA RUIZ, J. M.^a; PUIGDEFÁBREGAS, J. y MARTÍN-RANZ, M. C., 1982, *Diferencias espaciales en la respuesta hidrológica a las precipitaciones torrenciales de noviembre de 1982 en el Pirineo Central*. «Estudios Geográficos», 170-171: 291-310, Madrid.
- GARDINER, V. and GARDINER G., 1978, *Analysis of frequency distributions*. «CATMOG», 19. Geoabstract: 68 pp. Univ. East Anglia, Norwich.
- GREGORY, K. J. and WALLING, D. E. (eds.), 1981, *Man and environmental processes*. Butterworth, 276 pp., London.

- HERAS, R., 1972, *Manuel de Hidrología, 3: Los recursos hidráulicos*. Centro de Estudios Hidrográficos, 528 pp., Madrid.
- HERNANZ, A. y CARRERAS, A., 1966, *Observaciones sobre el macizo kárstico de Marboré*. Centro de Estudios Hidrográficos, 25 pp., Madrid.
- LLOPIS LLADO, N., 1947, *El relieve del alto valle del Aragón*. «Pirineos», 5: 81-167, Zaragoza.
- MASACHS ALAVEDRA, V., 1942, *Las variaciones estacionales en el derrame fluvial de la vertiente sur de los Pirineos*. «Estudios Geográficos», 7: 405-422, Madrid.
- MASACHS ALAVEDRA, V., 1948, *El régimen de los ríos peninsulares*. Instituto Lucas Mallada, 511 pp., Barcelona.
- 1952, *Aportación a la caracterización hidrológica del Pirineo*. «Publ. Instituto de Estudios Pirenaicos», 24 pp., Zaragoza.
- 1954, *El clima. Las aguas*. «Geografía de España y Portugal», T. II. Ed. Montaner y Simón, 142 pp., Barcelona.
- MONSERRAT, P., 1966, *Vegetación de la cuenca del Ebro*. «Publ. Centro Pir. Biol. Exp.» 1(3): 22 pp., Jaca.
- PARDE, M., 1949, *Le régime des cours d'eau ibériques*. «Pirineos», 13-14: 575-655, Zaragoza.
- PARDE, M., 1952, *Le régime des cours d'eau pyrénéens*. «Publ. Instituto de Estudios Pirenaicos», 48 pp., Zaragoza.
- PARDÉ, M., 1953, *Le régime des cours d'eau pyrénéens*. «Pirineos», 27: 5-16, Zaragoza.
- 1964, *Les régimes fluviaux de la péninsule ibérique*. «Revue de Géographie de Lyon», 39: 129-182, Lyon.
- PLANA CASTELLVI, J. A., 1979, *Balance hídrico de la cuenca del Noguera Ribagorzana*. «Geographicalia», 3: 109-127, Zaragoza.
- RIJCKBORST, H., 1967, *Hydrology of the upper-Garonne Basin (valle de Arán, Spain)*. «Leidse Geologische Mededelingen», 40: 1-74, Leiden.



Excmo. Diputación Provincial
HUESCA