 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE	DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS
	<b>Q 5017001 H</b> <b>CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO</b>
	OFICINA DE PLANIFICACION HIDROLOGICA

TRABAJOS DE CONSULTORIA Y ASISTENCIA		
PRESUPUESTO DEL ORGANISMO	CLAVE: <b>2000-PH-24.I</b>	REF. CRONOLOGICA: <b>12/2000</b>

TIPO:	<b>ASISTENCIA TÉCNICA</b>
TITULO:	<b>LOS APROVECHAMIENTOS EN LA CUENCA DEL EBRO: AFECCIÓN EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO FLUVIAL</b>

PRESUPUESTO DE CONTRATA:	<b>715.737, pesetas</b>
PRESUPUESTO DE ADJUDICACION:	<b>715.737, pesetas</b>

SERVICIO:	<b>OFICINA DE PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA</b>
DIRECTOR:	<b>MIGUEL ÁNGEL GARCÍA VERA</b>
CONSULTOR:	<b>M<sup>a</sup> CARMEN MORENO COLÁS</b>

TOMO:	EJEMPLAR: <b>DIGITAL EN FORMATO PDF</b>
CONTENIDO:	<b>MEMORIA</b>

# ÍNDICE

## MEMORIA

	PÁGINA	TOMO
<b>1.- INTRODUCCIÓN</b> .....	1	I
1.1. Motivación del trabajo .....	1	I
1.2. Objetivos .....	1	I
<b>2.- METODOLOGÍA</b> .....	2	I
<b>3.- AFECCIONES EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO FLUVIAL EN LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL EBRO</b> .....	4	I
3.1. Cuenca del Nela .....	4	I
3.2. Cuenca del Jerea .....	5	I
3.3. Cuenca del Omecillo .....	6	I
3.4. Cuenca del Bayas .....	6	I
3.5. Cuenca del Zadorra .....	7	I
3.6. Cuenca del Inglares .....	9	I
3.7. Cuenca del Linares .....	9	I
3.8. Cuenca del Ega .....	10	I
3.9. Cuenca del Arga .....	11	I
3.10. Cuenca del Aragón .....	13	I
3.11. Cuenca del Arba .....	16	I
3.12. Cuenca del Gállego .....	18	I
3.13. Cuencas del Alcanadre y Vero .....	21	I
3.14. Cuenca del Cinca .....	24	I
3.15. Cuenca del Noguera Ribagorzana .....	28	I
3.16. Cuenca del Noguera Pallaresa .....	32	I
3.17. Cuenca del Segre .....	36	I
3.18. Cuenca del Ciurana .....	41	I
3.19. Cuenca del Canaleta .....	43	I
3.20. Cuenca del Matarranya .....	43	I
3.21. Cuenca del Guadalope .....	45	I
3.22. Cuenca del Regallo .....	49	I
3.23. Cuenca del Martín .....	50	I

3.24. Cuenca del Aguasvivas .....	51	I
3.25. Cuenca del Ginel .....	53	I
3.26. Cuenca del Huerva .....	53	I
3.27. Cuenca del Jalón .....	56	I
3.28. Gallocanta .....	59	I
3.29. Cuenca del Huecha .....	60	I
3.30. Cuenca del Queiles .....	61	I
3.31. Cuenca del Alhama .....	62	I
3.32. Cuenca del Cidacos .....	63	I
3.33. Cuenca del Leza .....	64	I
3.34. Cuenca del Iregua .....	65	I
3.35. Cuenca del Najerilla .....	67	I
3.36. Cuenca del Tirón .....	69	I
3.37. Cuenca del Oroncillo .....	70	I
3.38. Cuenca del Molinar .....	71	I
3.39. Cuenca del Oca .....	71	I
3.40. Cuenca del Rudrón .....	72	I
3.41. Cuenca del Polla .....	73	I
3.42. Cuenca del Izarrilla .....	73	I
3.43. Cuenca del Híjar .....	74	I
3.44. Cuenca del Ebro .....	74	I
3.45. Cuenca del Garona .....	80	I
<b>4.- CONCLUSIONES .....</b>	<b>82</b>	<b>I</b>

## ANEJOS

### I.- ESTADÍSTICA BÁSICA DE LAS SERIES ACTUALIZADAS DE LAS ESTACIONES DE AFOROS DE LA CUENCA DEL EBRO.

	TOMO
<b>EA 1 – EA 100</b>	<b>I</b>
<b>EA 101- EA 271</b>	<b>II</b>



# 1.- INTRODUCCIÓN

## 1.1.- MOTIVACIÓN DEL TRABAJO

La ley 29/1985 de 2 de agosto, de Aguas, establece la realización de una planificación hidrológica como una base imprescindible en la gestión de recursos hídricos. Entre los contenidos obligatorios de estos Planes destaca la evaluación de los recursos hidráulicos mediante un inventario de los recursos naturales, la evaluación de los usos actuales y la asignación y reserva para la conservación y recuperación del medio natural. Todos estos aspectos requieren disponer de un **conocimiento detallado de la situación hidrológica actual** en los sistemas fluviales de la cuenca del Ebro. Esta información procede fundamentalmente de las estaciones de aforos de la Red Foronómica del Ministerio de Medio Ambiente en la Cuenca del Ebro.

El Plan Hidrológico del Ebro (aprobado por el Consejo del Agua el 9 de abril de 1996 y publicado en el BOE nº 222 de 16 de septiembre de 1999) analiza los contenidos antes referidos a partir de los datos foronómicos hasta 1985. La Oficina de Planificación hidrológica está realizando continuas actualizaciones y revisiones de los métodos aplicados en el Plan. En concreto destacan los trabajos relacionados con la determinación de los objetivos ambientales de la cuenca del Ebro y la evaluación de recursos hídricos subterráneos en las unidades hidrogeológicas de la cuenca. Todo ello requiere disponer de datos foronómicos actualizados y en un formato informático que requiera su rápida consulta y actualización.

Los datos foronómicos de la cuenca del Ebro son una fuente de datos que se prolongan muchos años atrás. Se estima que el periodo medio de medidas diarias de cada estación de aforos es 31 años siendo en alguna estación mayor de 65 años. Los aprovechamientos de la cuenca y las obras hidráulicas asociados a ellos suponen en numerosos casos una modificación de los regímenes hidráulicos que es necesario conocer para la adecuada interpretación de estos hidrogramas.

## 1.2.- OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es la preparación de los instrumentos necesarios para **identificar la afección de los aprovechamientos y las obras hidráulicas** asociados a ellos en los regímenes fluviales de la cuenca del Ebro. Este trabajo persigue disponer de una herramienta de base que facilite la interpretación de los hidrogramas de la red foronómica de primer orden de la cuenca del Ebro. Para ello se procederá a la actualización de las series hidrológicas diarias actualmente disponibles en la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Ebro, la determinación de algunos estadísticos de estas series, la representación de los hidrogramas diarios y, finalmente, realizar una primera valoración cualitativa por cuencas de las afecciones de los aprovechamientos en el régimen de los ríos.

## 2.- METODOLOGÍA

El plan de trabajo se estructura en los siguientes epígrafes principales:

- 1.- Actualización de los datos de aforos disponibles en la Oficina de Planificación. En esta fase se han analizado los datos disponibles en la Oficina de Planificación y se ha procedido a recopilar los datos medios diarios más actualizados posibles procedentes del Servicio de Hidrología de Comisaría de Aguas. Estos datos de Comisaría se han tomado de una consulta a la base de datos del Servicio de Hidrología realizada el mes de junio de 2000.
- 2.- Incorporación de los nuevos datos de caudal dentro de los archivos disponibles en la Oficina de Planificación Hidrológica. Las series de caudal que se manejan en la oficina se encuentran en una serie de archivos en formato ASCII, denominados con la estructura: af\*\*\*d.cam, donde \*\*\* es el número de cada estación de aforos.  
Los datos procedentes de Comisaría de Aguas se encuentran en archivos con formato \*.dbf.  
La incorporación de los nuevos datos de Comisaría a la serie existente en la OPH se ha realizado con una aplicación realizada en lenguaje Fortran. Los nuevos archivos actualizados reciben el nombre de af\*\*\*d.nue.
- 3.- Representación gráfica de las series completas de caudal diario de cada una de las estaciones de aforos en hojas Excel.  
Para ello, se diseña una plantilla de Excel con dos hojas:
  - Hoja **DATOS**: en la que se visualizan los datos numéricos de caudal diario.
  - Hoja **DIBUS**: en la que se representan gráficamente éstos datos en escala logarítmica.La incorporación de los datos a la plantilla Excel se ha realizado mediante un programa de pre-proceso escrito en lenguaje Fortran.
- 4.- Determinación para cada estación de los caudales medios mensuales y anuales, así como algunos estadísticos más representativos.  
Para ello se crea una plantilla de Excel que presenta cinco hojas:
  - Hoja **DATOS**. En la que se introducen los datos de caudales mensuales y calcula los caudales anuales y los caudales medios anuales en  $\text{m}^3/\text{s}$  y en  $\text{hm}^3$  así como otros estadísticos significativos.
  - Hoja **DESCOMPOSICIÓN**. En la que se introducen los caudales mensuales en una única columna.
  - Hoja **DIBUJOS**. En la que se representan gráficamente los caudales medios mensuales (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ) y la curva de caudales medios mensuales según su probabilidad de no ser superados.
  - Hoja **DIBUS AP**. En la que se representan gráficamente las aportaciones anuales (en  $\text{hm}^3$ ) y la evolución de caudales mensuales (en  $\text{m}^3/\text{s}$ ).
  - Hoja **TABLAS**. En la que se visualizan en una tabla los datos numéricos de caudales mensuales, caudales anuales, caudales medios anuales y algunos estadísticos sacados de la hoja DATOS.Los valores numéricos se introducen en las hojas DATOS y DESCOMPOSICIÓN de la plantilla de Excel. Estos valores se incorporan a la plantilla mediante un programa diseñado con Fortran.
- 5.- Análisis de las principales afecciones que se producen en los cauces de los ríos y que se detectan en los hidrogramas medios mensuales y diarios de las estaciones de aforos.

Mediante el estudio de los hidrogramas medios mensuales y caudales medios anuales, teniendo en cuenta los aprovechamientos y las grandes infraestructuras asociadas a ellos (su volumen y fecha de construcción) y analizando los diagramas diarios se han identificado los hidrogramas medios naturales, los hidrogramas afectados y el motivo de esta afección en su régimen natural.

6.- Presentación de los trabajos realizados. Se ha elaborado el presente informe en el que se presentan los objetivos del trabajo (Apartado 1) y la metodología aplicada (Apartado 2). En el Apartado 3 se incluye una discusión pormenorizada de cada una de las 45 subcuencas en las que se ha dividido la cuenca, identificando las principales afecciones al régimen fluvial. Finalmente, en el Apartado 4 se presentan las principales conclusiones.

Se ha incluido un Anejo en el que se presentan los caudales medios mensuales y anuales, así como los caudales mensuales para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 y varias representaciones gráficas de estos datos para todas las estaciones de aforos de los cauces fluviales de la cuenca (estación 1 a 271).

Por último, se incluyen tres CD-ROM con los archivos manejados para éste trabajo. En los CD-ROM 1 y 2 se presentan los datos de las estaciones en **cursos fluviales** (1-271) con la siguiente estructura:

\* En el CD número 1 se incluye:

- Directorio **Datos**, con los archivos de caudales actualizados af\*\*\*d.nue
- Directorio **Estadística**, con los estadísticos básicos de todas las estaciones de aforos.
- Directorio **Diarios 1-99**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de las estaciones de aforos desde la estación 1 hasta la 99.

\*En el CD número 2 se incluye:

- Directorio **Diarios 100-199**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de las estaciones de aforos desde la estación 100 hasta la 199.
- Directorio **Diarios 200-271**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de las estaciones de aforos desde la estación 200 hasta la 271.

\*En el CD-ROM número 3 se incluyen los datos de aforos de las estaciones situadas en **canales** (400-455), **embalses** (801-868) y los **datos procedentes del Gobierno de Navarra** (501-519) con la siguiente estructura:

- Directorio **Datos**, con los archivos de caudales actualizados af\*\*\*d.nue
- Directorio **Est-400** con los estadísticos básicos de las estaciones situadas en canales.
- Directorio **Est-500** con los estadísticos básicos de los datos procedentes del Gobierno de Navarra.
- Directorio **Est-800-SAL** con los estadísticos básicos de salidas de las estaciones situadas en embalses.
- Directorio **Est-800-RES** con los estadísticos básicos de reservas de las estaciones situadas en embalses.
- Directorio **Diarios 400s**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de las estaciones situadas en canales.
- Directorio **Diarios 500s**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de los datos procedentes del Gobierno de Navarra.
- Directorio **Dia-800-SAL**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de los datos de salidas de las estaciones situadas en embalses.
- Directorio **Dia-800-RES**, con las hojas Excel con los hidrogramas diarios de los datos de reservas de las estaciones situadas en embalses.

### 3.- AFECCIONES EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO FLUVIAL EN LOS RÍOS DE LA CUENCA DEL EBRO

#### 3.1. Cuenca del Nela

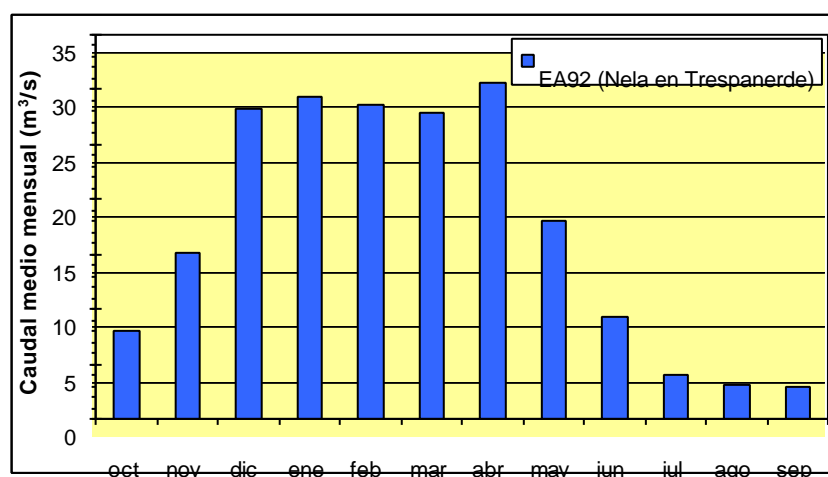
La cuenca del Nela es la más occidental de las subcuencas de la margen izquierda, prácticamente en su totalidad está incluida en la provincia de Burgos. Drena una buena parte de la cadena Cantábrica hacia el Ebro, cubriendo una extensión de 1.093 km<sup>2</sup> que vienen a coincidir groseramente con el sinclinal de Villarcayo, en cuyos flancos afloran calizas del Cretácico en las que ha tenido lugar un espectacular desarrollo kárstico.

El eje principal del Nela recibe por su margen izquierda a sus dos afluentes principales, los ríos Trema y Trueba. En el río Trueba destacan los afluentes de su margen izquierda Cerneja y Salón. El caudal medio anual en régimen natural evaluado para toda la cuenca del Nela en el PHE es 16,6 m<sup>3</sup>/s (526,7 hm<sup>3</sup>/año).

Las demandas totales de agua suponen una dotación de 5,31 hm<sup>3</sup>/año. Con esta dotación se abastece a 16271 habitantes (3,05 hm<sup>3</sup>/año), se riegan 758 ha (2,39 hm<sup>3</sup>/año) y se atiende la demanda industrial (0,16 hm<sup>3</sup>/año). La adecuada calidad de las aguas en los ríos de cabecera ha permitido la instalación de piscifactorías. No existen aprovechamientos hidroeléctricos de importancia.

Los abastecimientos a poblaciones presentan algunos problemas de suministro en verano, cuando el río se seca. Este hecho es especialmente agudo en el río Trueba en el entorno de Reinosa, y en el río Trema aguas abajo de Espinosa de los Monteros y Medina de Pomar.

Los escasos usos de agua de la cuenca sugieren la inexistencia de embalses de regulación. Únicamente destaca un trasvase de aguas desde el río Cerneja, pequeño afluente de cabecera del río Trueba, hacia el río Ordunte. El objetivo de este trasvase es garantizar la regulación del embalse de Ordunte, que abastece parcialmente al Gran Bilbao. El trasvase se puso en funcionamiento en 1961 y su canal tiene una capacidad máxima de 600 l/s.



**Figura 1:** Hidrograma medio mensual en la estación de aforos 92 (Nela en Trespanerde) en 30 años hidrológicos completos desde el año 1963/64 hasta el año 1994/95.



El régimen hidrológico real de la cuenca viene definido por la estación de aforos 92 (Nela en Trespanerde). El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 30 años hidrológicos completos desde el año 1963/64 hasta el año 1994/95 es 17,5 m<sup>3</sup>/s. El hidrograma medio mensual (Figura 1) presenta un periodo de aguas altas entre diciembre y abril, sin existir un máximo claramente diferenciado en este periodo, y el periodo de aguas bajas se presenta entre julio y septiembre con el mínimo en septiembre.

### 3.2. Cuenca del Jerea

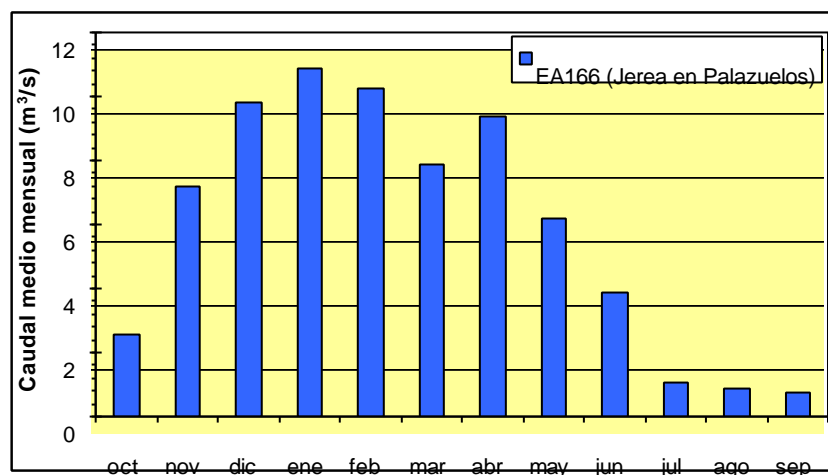
El Jerea drena una estrecha franja de la zona cantábrica hacia el Ebro. Esta cuenca estrecha y alargada cubre una superficie de unos 290 km<sup>2</sup> que casi totalmente se encuentran en la provincia de Burgos. Los terrenos drenados son predominantemente calcáreos atribuibles al Cretácico.

El único afluente significativo del Jerea es el río Nabón, situado en la margen izquierda del río Jerea. El caudal medio anual en régimen natural evaluado para toda la cuenca en el PHE es 4,1 m<sup>3</sup>/s (127,8 hm<sup>3</sup>/año).

Las demandas totales de agua de la cuenca del Jerea son 0,51 hm<sup>3</sup>/año. Con esta dotación se abastece a 1484 habitantes (0,28 hm<sup>3</sup>/año) y 73 ha de regadío (0,23 hm<sup>3</sup>/año).

No existe ninguna infraestructura de regulación en la cuenca. Los abastecimientos a poblaciones presentan algunos problemas de suministro en verano, cuando el río se seca. Este hecho es especialmente agudo aguas abajo de Palazuelos, en el tramo de río entre las localidades de Quincoces de Yuso y Río de Losa.

El régimen hidrológico en régimen real se registra en la estación de aforos 166 (Jerea en Palazuelos), que recoge la práctica totalidad de agua circulante en la cuenca. El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 20 años hidrológicos completos desde el año 1965/66 hasta el año 1989/90 es 5,84 m<sup>3</sup>/s. El hidrograma medio mensual (Figura 2) presenta un periodo de aguas altas entre diciembre y abril con el máximo en enero y el periodo de aguas bajas se presenta entre julio y septiembre con el mínimo en septiembre.



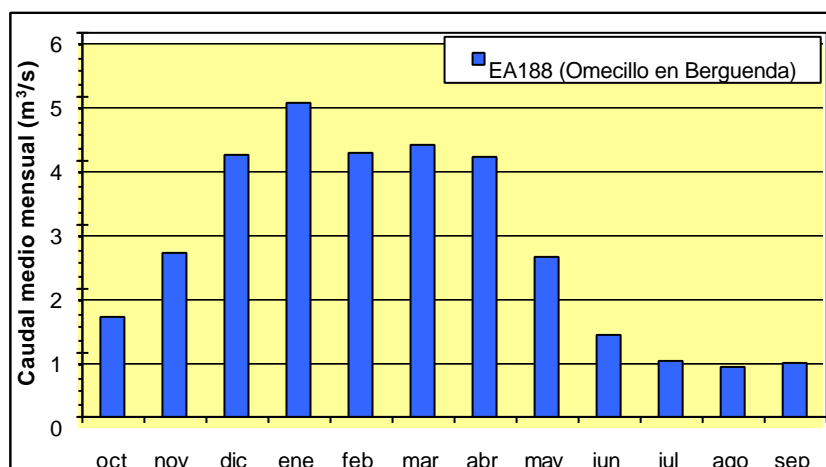
**Figura 2:** Hidrograma medio mensual en la estación de aforos 166 (Jerea en Palazuelos) en 20 años hidrológicos completos desde el año 1965/66 hasta el año 1989/90.

### 3.3. Cuenca del Omecillo

La cuenca del río Omecillo se encuentra en la vertiente mediterránea del puerto de Orduña. Cubre una superficie de 346 km<sup>2</sup> en las provincias de Álava y Burgos. Este río presenta en su margen izquierda un único afluente de importancia, el río Húmedo.

El PHE establece para la cuenca del Omecillo un recurso total en régimen natural de 4,4 m<sup>3</sup>/s (139,6 hm<sup>3</sup>/a). Las demandas totales de agua de la cuenca suponen una dotación de 4,08 hm<sup>3</sup>/año. Con esta dotación se abastece a 1.421 habitantes (0,26 hm<sup>3</sup>/año) y 1.299 ha de regadío (3,81 hm<sup>3</sup>/año). En el barrio del Puente se encuentra una central hidroeléctrica con un caudal de equipamiento de 0,75 m<sup>3</sup>/s. No existen infraestructuras de regulación en la cuenca.

El régimen hidrológico en régimen real se registra en la estación de aforos 188 (Omecillo en Berguenda), que recoge la práctica totalidad de agua circulante en la cuenca. El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 14 años hidrológicos completos desde el año 1981/82 hasta el año 1996/97 es 2,73 m<sup>3</sup>/s. El hidrograma medio mensual (Figura 3) presenta un periodo de aguas altas entre diciembre y abril con el máximo en enero y el periodo de aguas bajas se presenta entre julio y septiembre con el mínimo en agosto.



**Figura 3:** Hidrograma medio mensual en la estación de aforos 188 (Omecillo en Berguenda) en 14 años hidrológicos completos desde el año 1981/82 hasta el año 1996/97.

### 3.4. Cuenca del Bayas

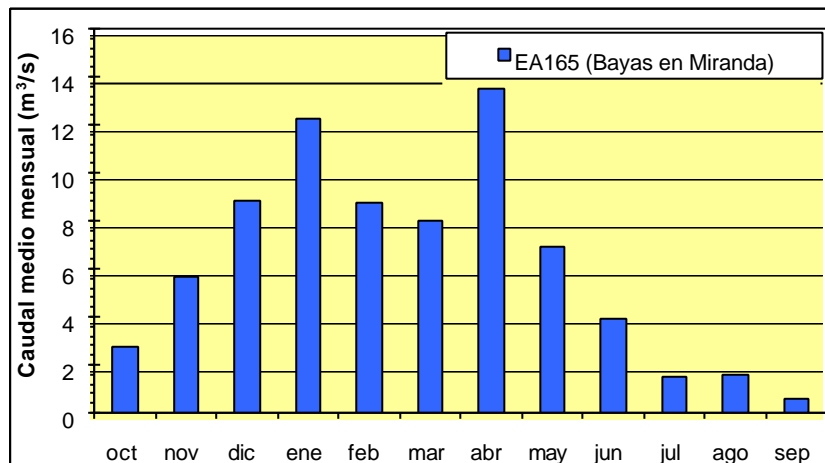
La del Bayas es otra cuenca estrecha y alargada. Desciende desde el Parque Natural del Monte Gorbea hacia el Ebro, por territorio predominantemente alavés. Su superficie es 319 km<sup>2</sup>. A lo largo de su recorrido el Bayas atraviesa las rocas calcáreas del Cretácico (calizas de Subijana) que facilitan la transferencia subterránea de parte de sus caudales hacia la vecina cuenca del Zadorra en Nanclares.

El río presenta un recorrido predominante de norte a sur y no presenta afluentes de importancia. El PHE establece un recurso total en régimen natural para toda la cuenca del Bayas de 5,2 m<sup>3</sup>/s (165,42 hm<sup>3</sup>/año).

La demanda potencial a partir de aguas de esta cuenca es de 2,34 hm<sup>3</sup>/año. Para abastecimiento se destinan 0,31 hm<sup>3</sup>/año y para regadío 2,04 hm<sup>3</sup>/año, con lo que se riegan

645 ha. No existen centrales hidroeléctricas en este río. El reducido uso de las aguas de este río motiva que no existan ni embalses ni canales. La situación de la cuenca es claramente excedentaria.

El régimen hidrológico real se registra en la estación de aforos 165 (Bayas en Miranda de Ebro). El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 13 años hidrológicos completos desde el año 1976/77 hasta el año 1996/97 es 6,26 m<sup>3</sup>/s. El hidrograma de caudales medios mensuales (Figura 4) presenta el periodo de aguas altas entre diciembre y abril con el máximo en abril y un periodo de aguas bajas entre julio y septiembre con el mínimo en septiembre.



**Figura 4:** Hidrograma medio mensual en la estación de aforos 165 (Bayas en Miranda de Ebro) en 13 años hidrológicos completos desde el año 1976/77 hasta el año 1996/97.

### 3.5. Cuenca del Zadorra

La del Zadorra es la gran cuenca mediterránea del País Vasco. Drena la zona central alavesa y los montes circundantes y finalmente desemboca en el río Ebro en Miranda de Ebro. La cuenca de drenaje es de tipo rectangular y cubre una extensión de 1.357 km<sup>2</sup>. Sus principales afluentes por la margen derecha son los ríos Santa Engracia y Zaya o Subialde. En la margen izquierda destacan los ríos Alegría y Ayuda. Este último drena el enclave burgalés del Condado de Treviño. A su vez, el río Zaya presenta en su margen derecha el río Suibarri.

El PHE determina para toda la cuenca un recurso hídrico en régimen natural de 18,7 m<sup>3</sup>/s (592,2 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total se evalúa en torno a 280 hm<sup>3</sup>/año.

El principal uso de agua en la cuenca del río Zadorra lo constituye el abastecimiento a Bilbao mediante el trasvase Zadorra-Arratia. El canal parte del embalse de Ullivarri con una capacidad máxima de 54 m<sup>3</sup>/s. La puesta en funcionamiento data de 1957. Con objeto de garantizar el suministro el mismo año se finalizó la construcción de los embalses de Urrunaga y de Ullivarri, y una conducción que une el primer embalse con el segundo y que puede funcionar en ambos sentidos. El embalse de Urrunaga se encuentra en el cauce del río Santa Engracia y dispone de una capacidad total de 72 hm<sup>3</sup>. El embalse de Ullivarri se sitúa en el cauce del río Zadorra y presenta una capacidad total de 147 hm<sup>3</sup>. Se estima que cada año se trasvasan a Bilbao 153 hm<sup>3</sup>.

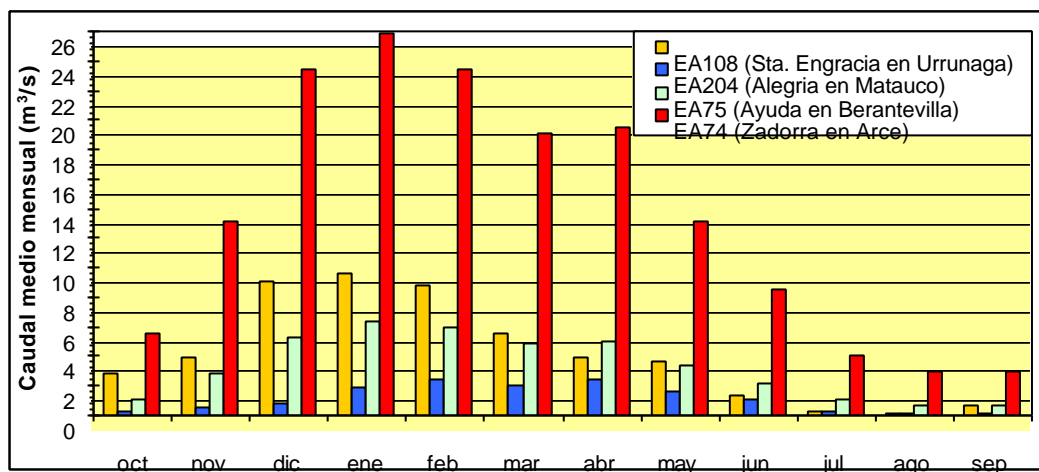
El segundo uso de agua de mayor magnitud consiste en el abastecimiento a Vitoria, tanto para agua de boca como para las industrias. Supone una detracción aproximada de 74 hm<sup>3</sup>/año (30 hm<sup>3</sup> para agua de boca y 44 hm<sup>3</sup> para uso industrial). El abastecimiento se garantiza proporcionándolo de diferentes lugares: de los manantiales de Gorbea y Elguea (en desuso), del río Albiña, del Zadorra y del canal del río Alegría. Este último tiene una capacidad máxima de 12,1 m<sup>3</sup>/s y desemboca en la cola del embalse de Ullivarri. En el río Albiña y el arroyo de Subialde existen dos pequeños embalses de pequeña capacidad construidos con el objetivo de garantizar los abastecimientos. El embalse de Gorbea II, con una capacidad total de 0,1 hm<sup>3</sup> y construido en 1969; y el embalse de Albiña, con 6 hm<sup>3</sup> de volumen total y construido en 1945.

En toda la cuenca del Zadorra se riegan 18.762 ha y la mayor parte de ellas se regulan con agua de pequeñas balsas. Existen alrededor de 60 balsas con una capacidad total de 3,8 hm<sup>3</sup>. La demanda total para riego se estima de 43,9 hm<sup>3</sup>/año.

El aprovechamiento hidroeléctrico más significativo es el Salto de Barazar, que utiliza las aguas reguladas en los embalses de Ullivarri y Urrúnaga y turбина en un salto de 328 m en la central subterránea de Barazar.

El régimen hidrológico en régimen real de la cuenca viene definido por la estación de aforos 74 (Zadorra en Arce), situada muy próxima a la desembocadura al río Ebro. El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 44 años hidrológicos completos desde el año 1951/52 hasta el año 1996/97 es 13,76 m<sup>3</sup>/s.

El hidrograma de caudales medios mensuales en esta estación (Figura 5) se encuentra notablemente afectado por la importante regulación del río. Presenta el periodo de aguas altas entre diciembre y abril con el máximo en enero y un periodo de aguas bajas entre julio y septiembre con el mínimo en septiembre. El hidrograma del río Santa Engracia en Urrunaga es característico de la cabecera del río Zadorra antes de la construcción de los embalses. Destaca un periodo de aguas altas entre diciembre y febrero con el máximo en enero.



**Figura 5:** Hidrograma medio mensual de estaciones de aforos de la cuenca del río Zadorra; 1) estación 108 (Santa Engracia en Urrunaga) en 8 años hidrológicos completos antes de la construcción del embalse de Urrunaga; 2) 204 (Alegría en Matauco) en 10 años hidrológicos del periodo 1970/71-1979/80; 3) 75 (Ayuda en Berantevilla) en 43 años completos en el periodo 1950/51-1998/99; y 4) 74 (Zadorra en Arce) en 44 años completos en el periodo 1951/52-1996/97.

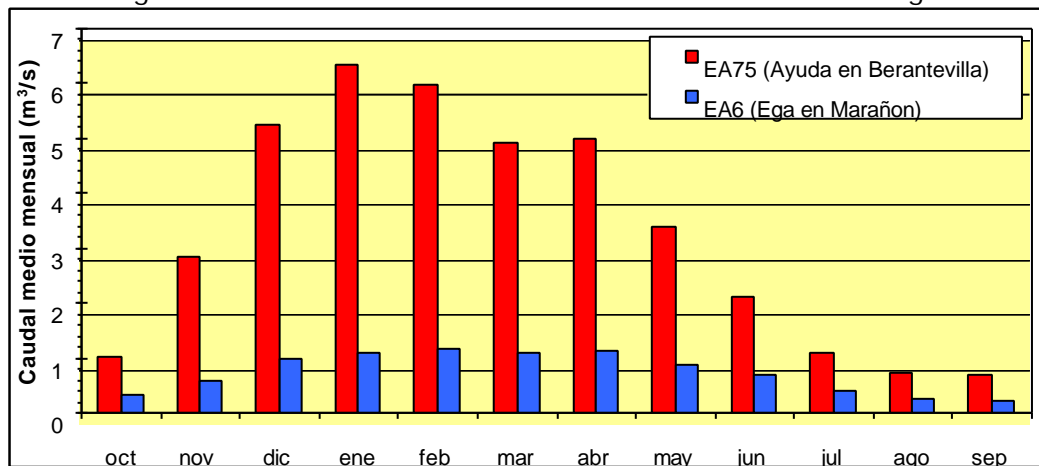
### 3.6. Cuenca del Inglares

Entre la Sierra del Portillo y la de Cantabria, el río Inglares se dirige por territorio alavés hacia el Oeste hasta confluir con el Ebro. Su cuenca tiene una extensión de tan solo 91 km<sup>2</sup>.

El PHE estima que el recurso total del río Inglares es 0,56 m<sup>3</sup>/s (17,83 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total de la cuenca es 3,47 hm<sup>3</sup>/año, de los que 0,12 hm<sup>3</sup>/año son para abastecimiento y 3,35 hm<sup>3</sup>/año son para riego de 1.920 ha. No existen canales ni embalses de importancia. Destaca la central hidroeléctrica de Berganzo con un caudal concesional de 1 m<sup>3</sup>/s.

No existen datos de aforos de la red foronómica de primer orden de la CHE, no obstante cabe esperar que el régimen mensual sea semejante al registrado en la vecina cuenca del río Ayuda y en la cabecera del Ega (Figura 6). El hidrograma de ambas estaciones es muy semejante y presenta un periodo de aguas altas entre diciembre y abril con el máximo no muy diferenciado respecto al resto de meses. El periodo de aguas bajas se produce entre julio y octubre con el mínimo en septiembre.

**Figura 6:** Hidrograma medio mensual de estaciones de aforos con un régimen similar al de la



cuenca del Inglares: 1) estación 204 (Alegría en Matauco) en 10 años hidrológicos del periodo 1970/71-1979/80; y 2) estación 6 (Ega en Marañón) en 47 años hidrológicos del periodo 1949/50-1997/98.

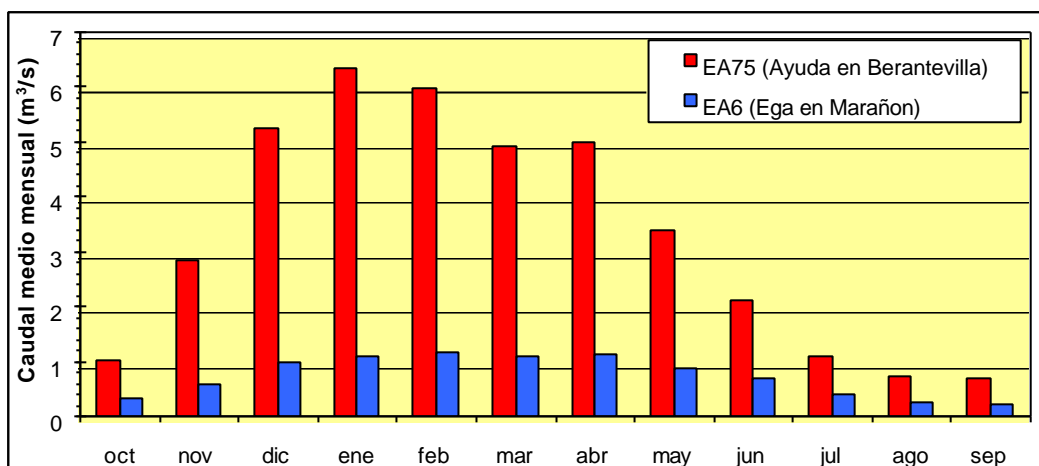
### 3.7. Cuenca del Linares

Esta cuenca cubre una superficie de unos 300 km<sup>2</sup>, entre los montes de Santa Cruz de Campezo (Sierra de Codés) y el Ebro, en territorio navarro. El Linares cuenta con un afluente por la margen izquierda, el Odrón.

El recurso total en régimen natural determinado para el río Linares en el PHE es 0,93 m<sup>3</sup>/s (29,6 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total se destina únicamente para el regadío de 680 ha con un recurso de 3,38 hm<sup>3</sup>/año que no se satisfacen totalmente. El déficit de la cuenca es de 0,31 hm<sup>3</sup>/año.

No existe ninguna infraestructura significativa en la zona ni tampoco centrales hidroeléctricas ni piscifactorías.

No existen datos de aforos directos en el cauce del Linares. Por su proximidad a la cuenca del Ega cabe esperar un hidrograma semejante al de la estación de aforos de cabecera del río Ega (Figura 7). El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y abril con el máximo no muy diferenciado respecto al resto de meses del periodo. El periodo de aguas bajas se produce entre julio y octubre con el mínimo en septiembre.



**Figura 7:** Hidrograma medio mensual de la estación de aforos 6 (Ega en Marañón) en 47 años hidrológicos del periodo 1949/50-1997/98, con un régimen similar al de la cuenca del Linares.

### 3.8. Cuenca del Ega

La cuenca del Ega está ubicada en la zona oriental navarra incluyendo algo de territorio alavés. Drena los sectores orientales de los Montes de Vitoria y de la Sierra de Toloño, dirigiéndose desde Santa Cruz de Campezo hacia Estella por el Sur de la Sierra de Urbasa. Después se dirige hacia el Sur hasta encontrar al Ebro a la altura de San Adrián. La cuenca del Ega cubre una extensión de 1.445 km<sup>2</sup>.

Los principales afluentes del Ega se encuentran en su margen izquierda y proceden de la Sierra de Urbasa. Son los ríos Ega II, Urredera e Iranzu.

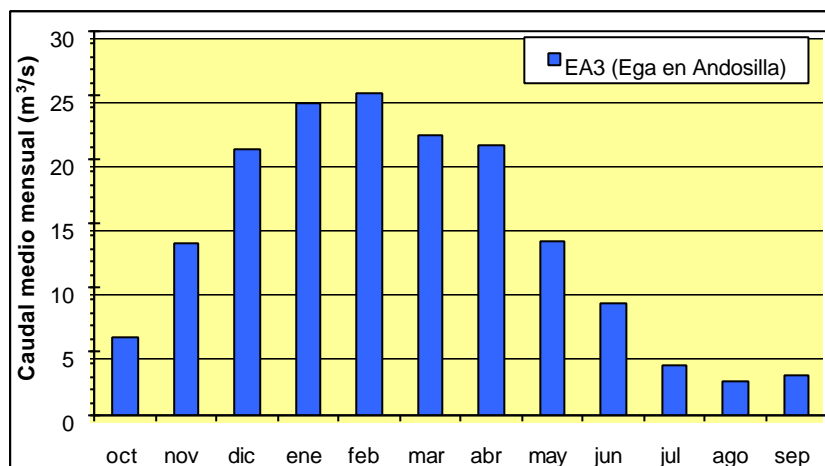
El recurso total en régimen natural es, según el PHE, 15,5 m<sup>3</sup>/s (492,5 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total es 40,37 hm<sup>3</sup>/año que se destina al abastecimiento de 7.890 habitantes (4,02 hm<sup>3</sup>/año), 7.139 ha (32,07 hm<sup>3</sup>/año) y demanda industrial de 4,28 hm<sup>3</sup>/año. El régimen hidrológico y la situación actual de las infraestructuras implican que no se satisfagan 6,02 hm<sup>3</sup>/año de la demanda total.

Existen tomas significativas para riego en Santa Cruz de Campezo, Acedo, Ancín, Estella, Cárcar, Lerín, Andosilla, San Adrián y Azagra. No existen infraestructuras de almacenamiento de agua.

Entre otros usos de agua, destacan las piscifactorías en la cabecera del Urederra y en Santa Cruz. Existen algunas centrales hidroeléctricas de escasa importancia en el cauce del Ega, del

Urederra y del Biarra. Existen tramos secos ligados a las tomas de agua para regadío y a las centrales hidroeléctricas (especialmente aguas abajo de Estella y de Andosilla). El río se seca en estaciones estivales en la cabecera hasta Genevilla y en el tramo de Ancin.

La estación de aforos 3 (Ega en Andosilla) recoge el agua que circula en régimen real en toda la cuenca. El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 57 años hidrológicos completos desde el año 1913/14 hasta el año 1997/98 es 13,56 m<sup>3</sup>/s. El régimen medio mensual es semejante en las cuatro estaciones de aforos presentes en la cuenca lo que no indica que no hay afecciones importantes del régimen hidrológico del río. El periodo de aguas altas se registra entre diciembre y abril con el máximo en febrero y el periodo de aguas bajas entre julio y septiembre (Figura 8).



**Figura 8:** Hidrograma medio mensual de la estación de aforos 3 (Ega en Andosilla) en 57 años hidrológicos del periodo 1913/14-1997/98.

### 3.9. Cuenca del Arga

La del Arga es la gran cuenca navarra con una superficie de 2.731 km<sup>2</sup>, con una pequeña parte en el País Vasco. Desde su nacimiento, próximo a la frontera francesa, el Arga recibe por su margen derecha a los ríos Ulzama, Araquil y Salado. El río Ulzama en su margen derecha tiene un pequeño afluente, el río Arquil, y el río Araquil presenta en su margen izquierda varios afluentes que nacen en la sierra de Aralar entre los que destacan los ríos Alzama y Larrau. El río Salado drena la vertiente meridional de la sierra de Andía y en su margen derecha fluye el río Ubagua. Por la margen izquierda del Arga se recibe al Eloz en las inmediaciones de Pamplona. Finalmente se reúne con el Aragón cerca de la localidad de Funes para juntos entregar sus aguas al Ebro.

El recurso total en régimen natural para la cuenca del río Arga se evalúa en el PHE en 53,5 m<sup>3</sup>/s (1.697 hm<sup>3</sup>/año).

El principal uso de agua en el río Arga es el abastecimiento de agua a Pamplona, ya sea para usos industriales (31,5 hm<sup>3</sup>/año), como para abastecimiento para agua de boca (23,5 hm<sup>3</sup>/año). El suministro se garantiza con el embalse de Eugui (cabecera del río Arga) y el manantial de Arteta (río Araquil). El embalse de Eugui se construyó en 1971 y presenta una capacidad total de 21 hm<sup>3</sup>. Mantiene un caudal mínimo de 500 l/s, aunque en los fines de semana de verano la utilización del agua para regadíos de pequeños huertos familiares entre el embalse y Pamplona, deja seco este tramo del río. Debido a la existencia de numerosas

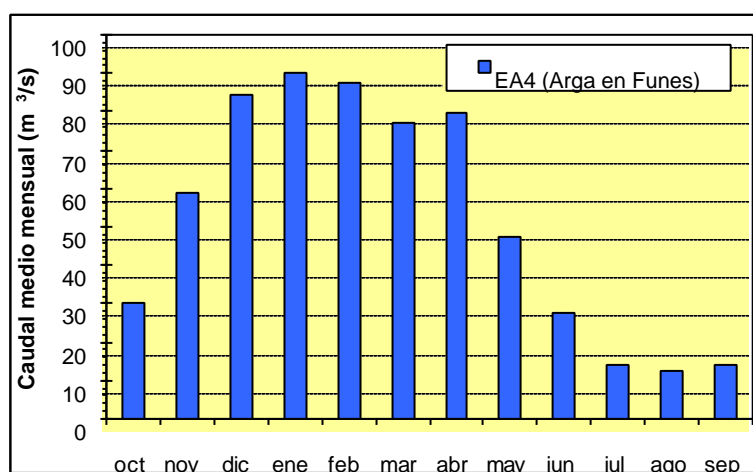
minicentrales hidroeléctricas el río se seca en algún tramo. Ello ha motivado la fijación de un caudal medioambiental de 5,6 m<sup>3</sup>/s en Falces y 50 l/s en Puente la Reina.

Existen algunas centrales hidroeléctricas en los cauces de los ríos Arga, Araquil y Salado. Las más importantes se encuentran en el río Salado y en la central de Alloz, con un caudal concesional de 16,7 m<sup>3</sup>/s y ligada al embalse de Alloz; y la central de Mañero, con un caudal concesional de 7,3 m<sup>3</sup>/s. El embalse de Alloz se construyó entre 1930 y 1940 con una capacidad total de 84 hm<sup>3</sup>.

Con respecto a los regadíos, destacan los pequeños huertos situados aguas arriba de Pamplona, que requieren escaso caudal, pero concentrado en horas determinadas provocando el casi agotamiento del río. Aguas abajo de Pamplona se riega con aguas residuales, lo que en ocasiones da problemas de calidad. Con la aportación del río Salado, regulada en el embalse de Alloz, se garantiza la existencia de recursos para las 4.000 ha de aguas abajo. La superficie total regada por el río Arga es 5.500 ha.

Existen algunas piscifactorías en el río Araquil, y en la cabecera del Arga y Ulzama.

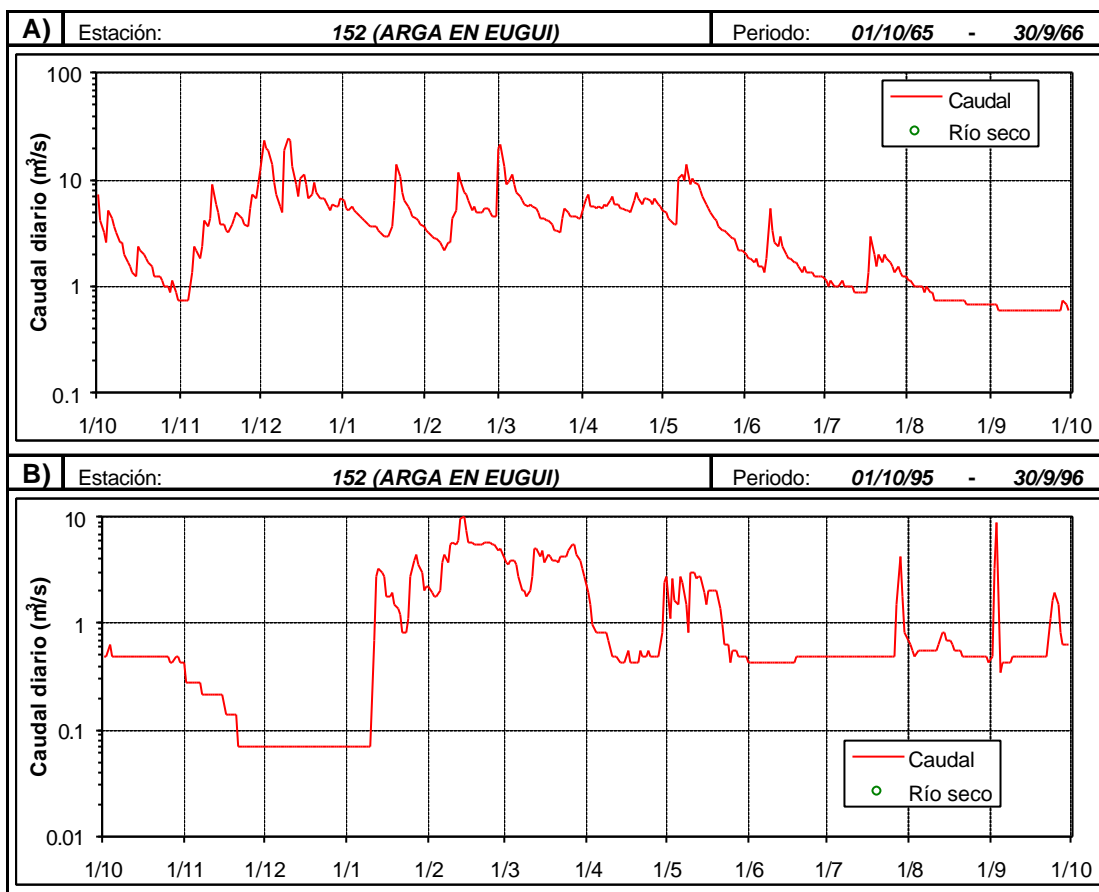
La estación de aforos 4 (Arga en Funes) recoge el agua que circula en régimen real en toda la cuenca. El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 56 años hidrológicos completos desde el año 1913/14 hasta el año 1998/99 es 51,85 m<sup>3</sup>/s. El régimen medio mensual de esta estación representa el régimen medio del río (Figura 9). El periodo de aguas altas se registra entre diciembre y abril con el máximo en enero y el periodo de aguas bajas entre julio y septiembre con el mínimo en agosto.



**Figura 9:** Hidrograma medio mensual de la estación de aforos 4 (Arga en Funes) en 56 años hidrológicos del periodo 1913/14-1998/99.

El régimen hidrológico del río Arga se encuentra afectado aguas abajo de las obras de regulación principales. Tal es el caso del embalse de Eugui, que se pone en funcionamiento en octubre de 1970 y cuya regulación induce un cambio del régimen del río que se registra en la estación de aforos 152 (Arga en Eugui) y 159 (Arga en Huarte). El nuevo régimen se caracteriza por la menor variabilidad de los caudales en el río, desapareciendo los mínimos estivales propios de la época anterior al embalse (Figura 10).





**Figura 10:** Hidrogramas diarios de la estación 152 (Arga en Eugui) antes (a) y después (b) de la construcción del embalse de Eugui. El río Salado aguas abajo de la presa de Alloz manifiesta también un destacado cambio del régimen hidrológico.

### 3.10. Cuenca del Aragón

El Aragón drena una parte muy importante del sector occidental pirenaico hacia el Mediterráneo. Esta cuenca actúa como colector de los desagües pirenaicos a lo largo de unos 75 km de cuerda montañosa. Entre estos ejes cabe citar a los ríos: Lubierre, Estarrón, Subordán (Valle de Hecho), Veral (Valle de Ansó), Escá (Valle de Roncal) e Irati con Salazar y Urrobi. Fuera ya de la zona estrictamente pirenaica el Aragón recibe al Zidacos por la derecha y al Onsella por la izquierda. Cerca de su confluencia con el Ebro recibe al Arga.

La superficie de esta subcuenca, sin incluir al Arga, es de 5.864 km<sup>2</sup>, de los cuales 1.561 km<sup>2</sup> corresponden a la subcuenca del Irati. El recurso hídrico total en régimen natural del río Aragón excluyendo las aportaciones del Arga son evaluadas en el PHE en 89 m<sup>3</sup>/s (2.824 hm<sup>3</sup>/año).

Existen numerosas centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Aragón. El principal uso de agua en la cabecera del río Aragón lo constituyen las centrales hidroeléctricas. Destacan la central del Pantano de IP (caudal concesional de 10 m<sup>3</sup>/s), Canal Roya (4,8 m<sup>3</sup>/s), Villanúa (7

m<sup>3</sup>/s) y Jaca (10 m<sup>3</sup>/s). Los usos hidroeléctricos provocan la existencia de tramos de ríos secos como, por ejemplo, de Ríoqueta a Canfranc estación, del embalse de Canfranc hasta el salto de Villanúa y desde Villanúa hasta el Castiello de Jaca.

En la cabecera del río Irati existen aprovechamientos hidroeléctricos ligados a los dos embalses situados en su cauce:

- 1) Embalse de Irabia, con un volumen total de 14 hm<sup>3</sup> y construido en distintas fases, desde 1925 hasta 1947. La central hidroeléctrica de Irabia tiene un caudal concesional de 6,5 m<sup>3</sup>/s.
- 2) Embalse de Usoz, con un volumen total de 0,7 hm<sup>3</sup> y construido en 1932. La central hidroeléctrica de Usoz tiene un caudal concesional de 8,5 m<sup>3</sup>/s.

En el tramo bajo del río Aragón destaca la Central Hidroeléctrica de Caseda, con un caudal concesional de 8 m<sup>3</sup>/s.

El embalse de Yesa fue construido en 1960 con una capacidad total de 471 hm<sup>3</sup> y un volumen útil de 446 hm<sup>3</sup>. El intenso efecto de los agentes erosivos en la cuenca alta del Aragón ha provocado una elevada tasa de acumulación de sedimentos en el embalse. Este fenómeno ha supuesto una reducción de la capacidad total a 447 hm<sup>3</sup> en 1992, y su capacidad útil a 411 hm<sup>3</sup>. El embalse fue promovido por los regantes del Canal Imperial de Aragón. Estos regantes solicitan 8 m<sup>3</sup>/s.

La mayor parte del agua regulada en el embalse de Yesa se deriva hacia el Canal de las Bárdenas. El sistema de riego de las Bárdenas prevee el regadío de 96.000 ha de las que en 1992 se estaban regando 73.000 ha. La superficie regable se localiza en los interfluvios del Aragón bajo y Arba, y Arba y Gállego. El Canal de las Bárdenas presenta una capacidad total de 64 m<sup>3</sup>/s en origen. El embalse de Yesa tiene establecido un caudal ecológico de 4 m<sup>3</sup>/s.

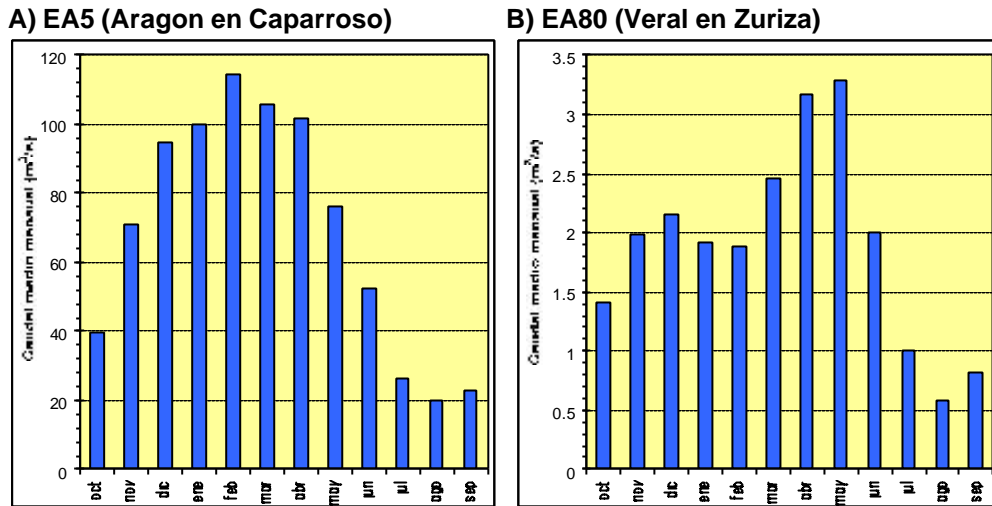
El principal uso de agua en el río Aragón desde Yesa hasta Caparroso se destina a los regadíos. Se estima que en la cuenca del Aragón Bajo existen unas 14.000 ha de pequeños regadíos. Destacan las acequias Bayunga (2.300 ha), Per, Murillo el Futo, Carcastillo, Villafranca, Valtierra, etc. Además una parte de los regadíos de las Bárdenas se realizan en la margen izquierda del río Aragón.

Entre otros usos hidrológicos, destacan las piscifactorías, que son numerosas debido a la cantidad y calidad de las aguas en la cabecera del río Aragón. De esta manera destacan las explotaciones de trucha en los ríos Aragón y Escá. La piscifactoría más grande es la situada aguas abajo de la presa de Yesa y requiere un caudal de 5 m<sup>3</sup>/s.

El tramo bajo del río Onsella (desde Campo Real) y el tramo medio-bajo del río Zidacos, presentan regadíos en las proximidades de sus cauces. En la cuenca del Zidacos se ha construido recientemente (1990) el embalse de Mairaga, con 2,3 hm<sup>3</sup> de volumen total.

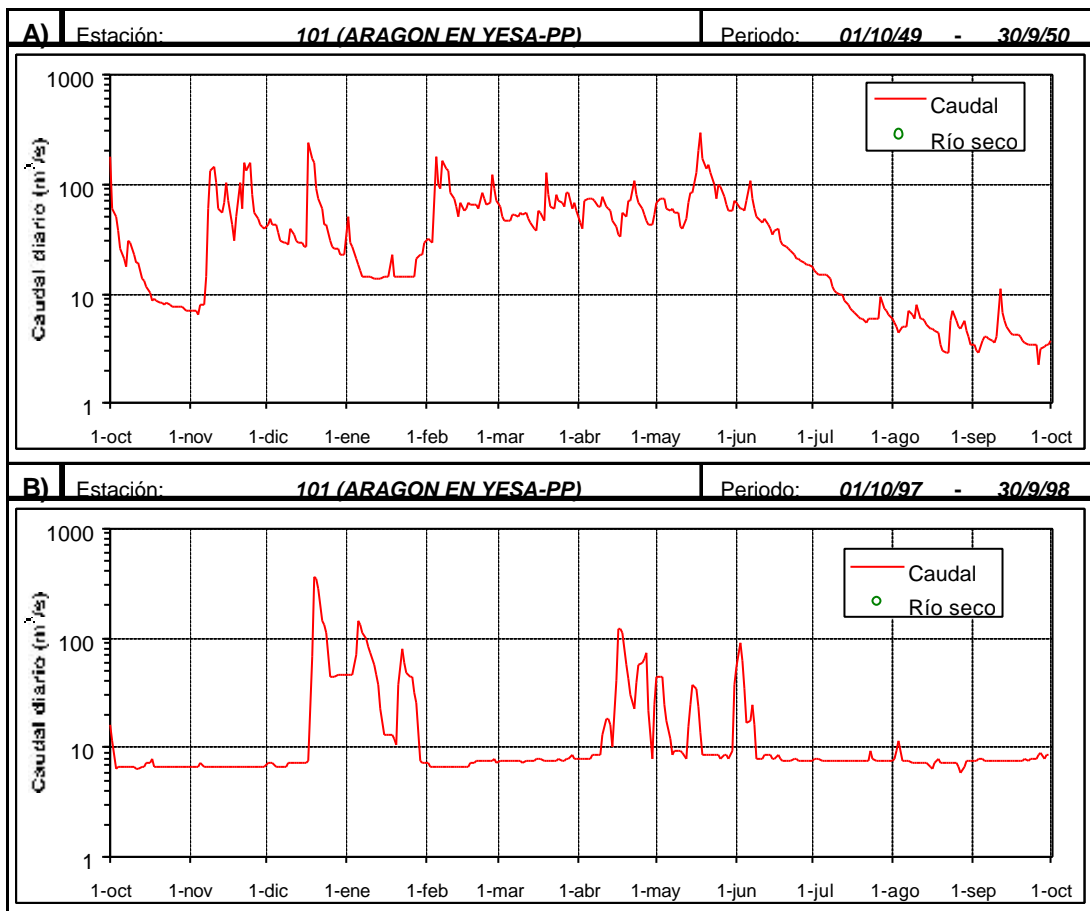
La estación de aforos 5 del río Aragón en Caparroso recoge todas las aguas que circulan en régimen real por el río antes de la desembocadura del río Arga. El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 53 años hidrológicos completos desde el año 1918/19 hasta el año 1998/99 es 69,1 m<sup>3</sup>/s. El régimen medio mensual de esta estación representa el régimen medio del río (Figura 11a). El periodo de aguas altas se registra entre diciembre y abril con el máximo en febrero y el periodo de aguas bajas entre julio y septiembre con el mínimo en agosto.

La gran superficie de la cuenca sugiere la presencia de diferencias del régimen hidrológico en distintos ríos de la cuenca. Así, los ríos de cabecera con unas cotas mayores, debido a la retención de la nieve, presentan su periodo de aguas altas entre marzo y junio con el máximo en mayo (Figura 11b). Este hidrograma se observa en los ríos Veral, Subordán y cabecera del Aragón.



**Figura 11:** Hidrogramas medios mensuales de estaciones de aforos del río Aragón: a) estación 5 (Aragón en Caparroso) en 53 años hidrológicos del periodo 1918/19-1998/99; y b) estación 80 (Veral en Zuriza) en 33 años hidrológicos del periodo 1951/52-1996/97.

Además de variaciones del régimen debidas a causas naturales hay que destacar los cambios hidrológicos ligados a los aprovechamientos hidráulicos. Destacan en los ríos de cabecera las disminuciones de caudal en los cauces debido a derivaciones hidroeléctricas y que, en ocasiones, llegan a secar los cauces de los ríos.



**Figura 12:** Hidrogramas diarios de la estación 101 (Aragón en Yesa-PP) antes (a) y después (b) de la construcción del embalse de Yesa.

La mayor modificación del régimen del río Aragón se debe a la regulación producida por la presa de Yesa (Figura 12). Se produce una disminución del caudal medio ligada a la toma para el canal de las Bárdenas y, además, el régimen hidrológico se modifica sustancialmente. Esta regulación modifica el hidrograma del río incluso en la estación de Caparroso.

### **3.11. Cuenca del Arba**

La cuenca del Arba drena hacia el Ebro el sector occidental del Prepirineo aragonés. Ocupa una extensión de 2.172 km<sup>2</sup> en Aragón, con un pequeño enclave navarro del municipio de Petilla de Aragón.

Su nacimiento se produce en la vertiente meridional de la Sierra de Santo Domingo y discurre en dirección norte-sur hasta su desembocadura en el río Ebro en las proximidades de Gallur. Sus principales afluentes son el río Arba de Luesia y el Arba de Riguel (o también río Riguel) en su margen derecha.

El recurso total en régimen natural evaluado por el PHE es 5,6 m<sup>3</sup>/s (172,8 hm<sup>3</sup>/año). En toda la cuenca la demanda actual de agua procedente del Arba es 36,16 hm<sup>3</sup>/año con la que se abastecen a 1.575 habitantes (0,13 hm<sup>3</sup>/año), 8.695 ha (36 hm<sup>3</sup>/año) y demandas industriales (0,03 hm<sup>3</sup>/año).

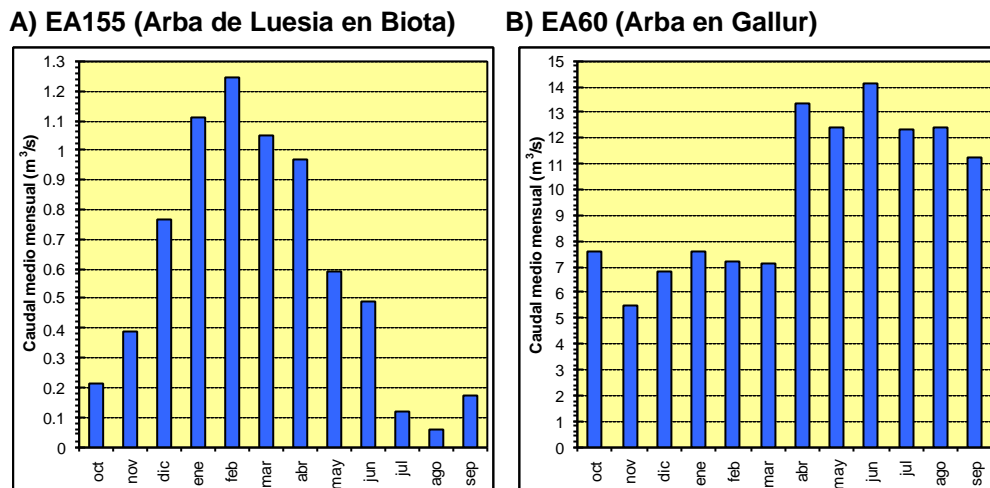
Entre los usos de agua principales del río Arba destaca el agrícola. El regadío se realiza con aguas procedentes de los propios Arbas en el sector norte de la cuenca, siendo riegos muy deficitarios. En el sector centro meridional de la cuenca el riego está garantizado por el trasvase de agua del río Aragón desde el embalse de Yesa hasta la cuenca del Gállego atravesando la cuenca de los Arbas. En esta cuenca hay dos embalses que permiten la regulación del agua trasvasada que se emplazan en el recorrido de los canales:

- Embalse de Valdelafuén
- Embalse de San Bartolomé, con un volumen total de 6 hm<sup>3</sup>. Fue construido inicialmente en 1908 y definitivamente en 1942.

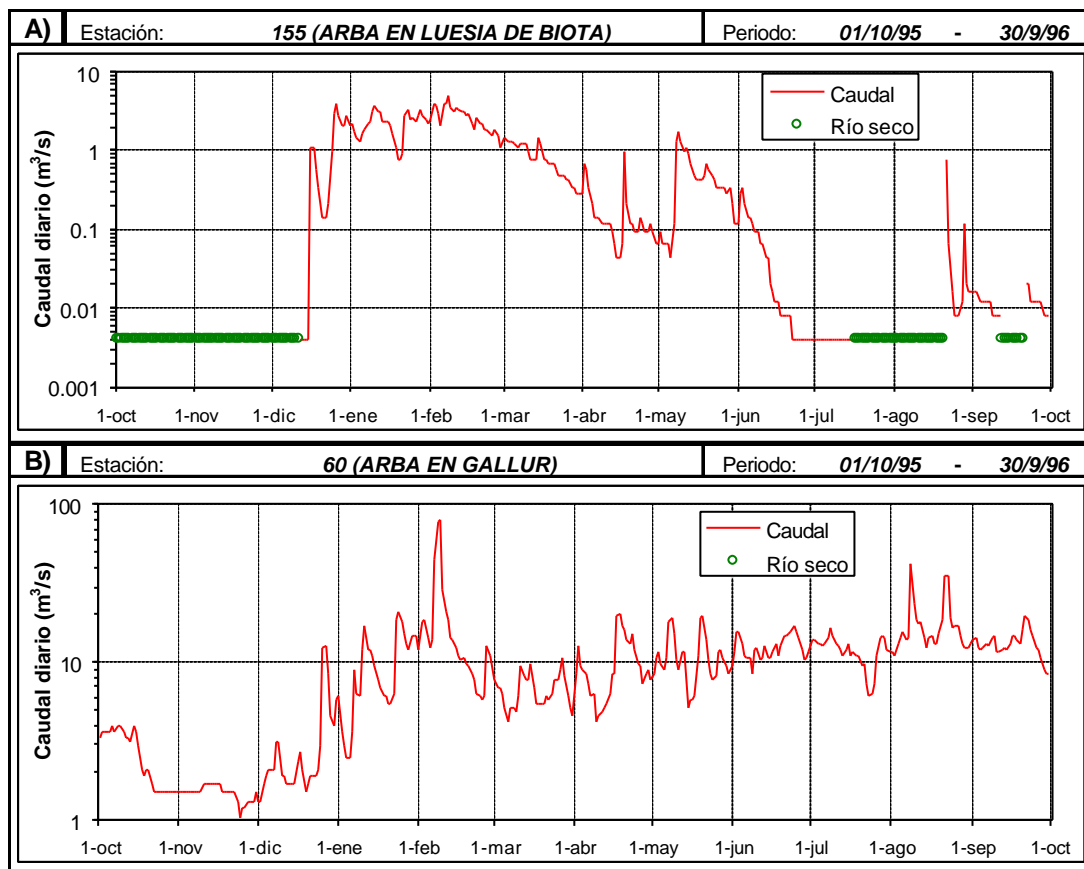
El canal de Bárdenas presenta una capacidad de 64 m<sup>3</sup>/s en su origen en el embalse de Yesa y 41 m<sup>3</sup>/s al final. Este canal suministra agua a las acequias principales de Navarra (que riega cuenca vertiente de Aragón Bajo), Cinco Villas (riega la margen derecha del río Arba) y Sora (margen izquierda de los Arbas). La superficie total regable en la cuenca de los Arbas es de 53.000 ha.

No existen ni aprovechamientos hidroeléctricos ni piscifactorías en la cuenca.

El hidrograma medio mensual representativo del régimen natural del río corresponde, por ejemplo, al hidrograma de la estación 155 del río Arba de Luesia en Biota. En los 28 años hidrológicos completos del periodo 1968/69-1996/97 el periodo de aguas altas (Figura 13a) está comprendido entre enero y abril con el máximo en febrero. El periodo de aguas bajas abarca desde julio hasta septiembre con el mínimo en agosto.



**Figura 13:** Hidrogramas medios mensuales del río Arba de Luesia: a) estación 5 (Arba de Luesia en Biota) en 28 años hidrológicos del periodo 1968/69-1996/97 representativa del régimen natural del río; y b) estación 60 (Arba en Gallur) en 15 años hidrológicos del periodo 1981/82-1996/97 representativos del régimen afectado por los retornos de Bárdenas.



**Figura 14:** Influencia de los retornos de riego de las Bárdenas en la cuenca de los Arbas: a) estación 155 (Arba de Luesia en Biota); b) estación 60 (Arba en Gallur).

Los retornos de los riegos con aguas del canal de las Bárdenas modifican el régimen de los ríos en régimen natural. En el PHE se evalúa que en la situación actual estos retornos suponen una aportación a los cauces de  $59 \text{ hm}^3/\text{año}$ . Estos retornos se producen fundamentalmente en los meses estivales, provocando una inversión del hidrograma medio mensual con respecto al que sería de esperar en régimen natural (Figura 13b). Los hidrogramas diarios muestran claramente la diferencia entre el régimen natural (Figura 14a), con periodos prolongados con días con caudal nulo. En las estaciones más próximas a desembocadura no existen días con el cauce seco y, además, destaca el periodo de verano con importantes caudales (Figura 14b).

### **3.12. Cuenca del Gállego**

El río Gállego discurre principalmente en dirección norte-sur desde el Pirineo Central (valle de Tena) hasta su desembocadura en el río Ebro en Zaragoza. Su estrecha y alargada cuenca vertiente es de  $3.969 \text{ km}^2$  y se encuentra íntegramente en Aragón. El río tiene numerosos afluentes entre los que destacan los ríos Aurín y Asabón en la margen derecha, y los ríos Caldarés, Guarga y Sotón en su margen izquierda.

La aportación total del río en régimen natural es, según el PHE, de  $34,2 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $1.087 \text{ hm}^3/\text{año}$ ). La demanda total de la cuenca es  $523,5 \text{ hm}^3/\text{año}$  con los que se abastece a 55.665 habitantes ( $5,04 \text{ hm}^3/\text{año}$ ), se riegan  $54.399 \text{ ha}$  ( $504 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y una demanda industrial de  $14 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

El río Gállego ha sido regulado en cabecera para el aprovechamiento hidroeléctrico de sus aguas y en su tramo medio existen embalses y canales para uso agrícola. Existen 18 centrales hidroeléctricas en la cuenca del río Gállego. Los principales embalses desde cabecera son:

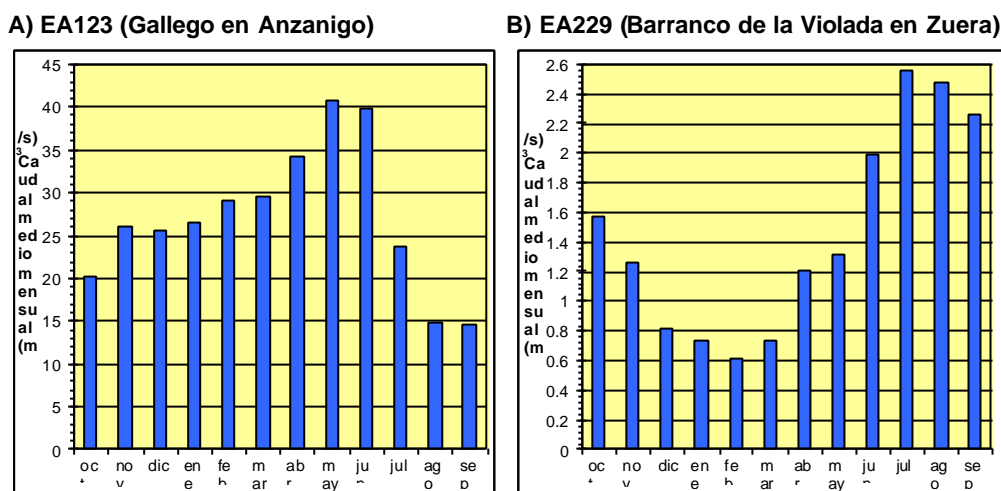
- 1) Embalses del Alto Gállego, son un conjunto de 13 pequeños embalses para uso hidroeléctrico y con capacidad total de  $46 \text{ hm}^3$ .
- 2) Embalse de Lanuza, construido en 1978 para fines hidroeléctricos y agrícolas. Su capacidad total adopta un valor de  $11 \text{ hm}^3$  y un volumen útil de  $16,5 \text{ hm}^3$ .
- 3) Embalse de Bupal, construido en 1971 y con  $62 \text{ hm}^3$  de capacidad útil. Se utiliza para fines hidroeléctricos y agrícolas.
- 4) Embalse de la Peña, es el más antiguo (alrededor de 1913). Su volumen útil es  $15 \text{ hm}^3$ .
- 5) Embalse de Ardisa, se terminó de construir en 1932 con una capacidad total de  $25 \text{ hm}^3$ . Funciona como un azud de derivación de las aguas del Gállego hacia los Riegos del Alto Aragón.
- 6) Embalse de la Sotonera. Es el más grande de la cuenca del Gállego. Fue construido en 1963 y su capacidad total es de  $189 \text{ hm}^3$ .

Las aguas de los ríos Gállego y Cinca proporcionan agua para los regadíos del Alto Aragón. Este sistema de regadíos está integrado por las zonas regables de Monegros I, Canal de Cinca y Monegros II (esta última se encuentra en construcción). En 1992 suponen una superficie regada de  $95.000 \text{ ha}$  y en los planes coordinados se prevé una superficie total de  $185.000 \text{ ha}$ . En el embalse de Ardisa existe un trasvase de aguas de este embalse hacia el embalse de la Sotonera (Canal del Gállego). Con aguas del río Gállego se riegan  $33.464 \text{ ha}$  de este Plan de Riegos. En la Sotonera comienza el canal de Monegros, cuyo tramo I tiene una capacidad máxima de  $90 \text{ m}^3/\text{s}$ . Del canal de Monegros parte el canal de la Violada, que abastece a los regadíos de los Llanos de la Violada y que tiene una capacidad máxima de  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En el Bajo Gállego existen cuatro acequias (Candevanía, Raval, Camarera y Urdán) con un caudal concesional total de 15,8 m<sup>3</sup>/s. Riegan una superficie de 16.000 ha.

Existe una única piscifactoría que se sitúa en Biescas y tiene un caudal de 1,2 m<sup>3</sup>/s.

El hidrograma mensual característico del régimen natural del río Gállego viene indicado por la estación de aforos 123 del río Gállego en Anzánigo. En los 44 años hidrológicos completos comprendidos dentro del periodo 1949/50-1996/97 el periodo de aguas altas se presenta entre abril y junio con el máximo en mayo y el periodo de aguas bajas se presenta en los meses de agosto y septiembre (Figura 15a).



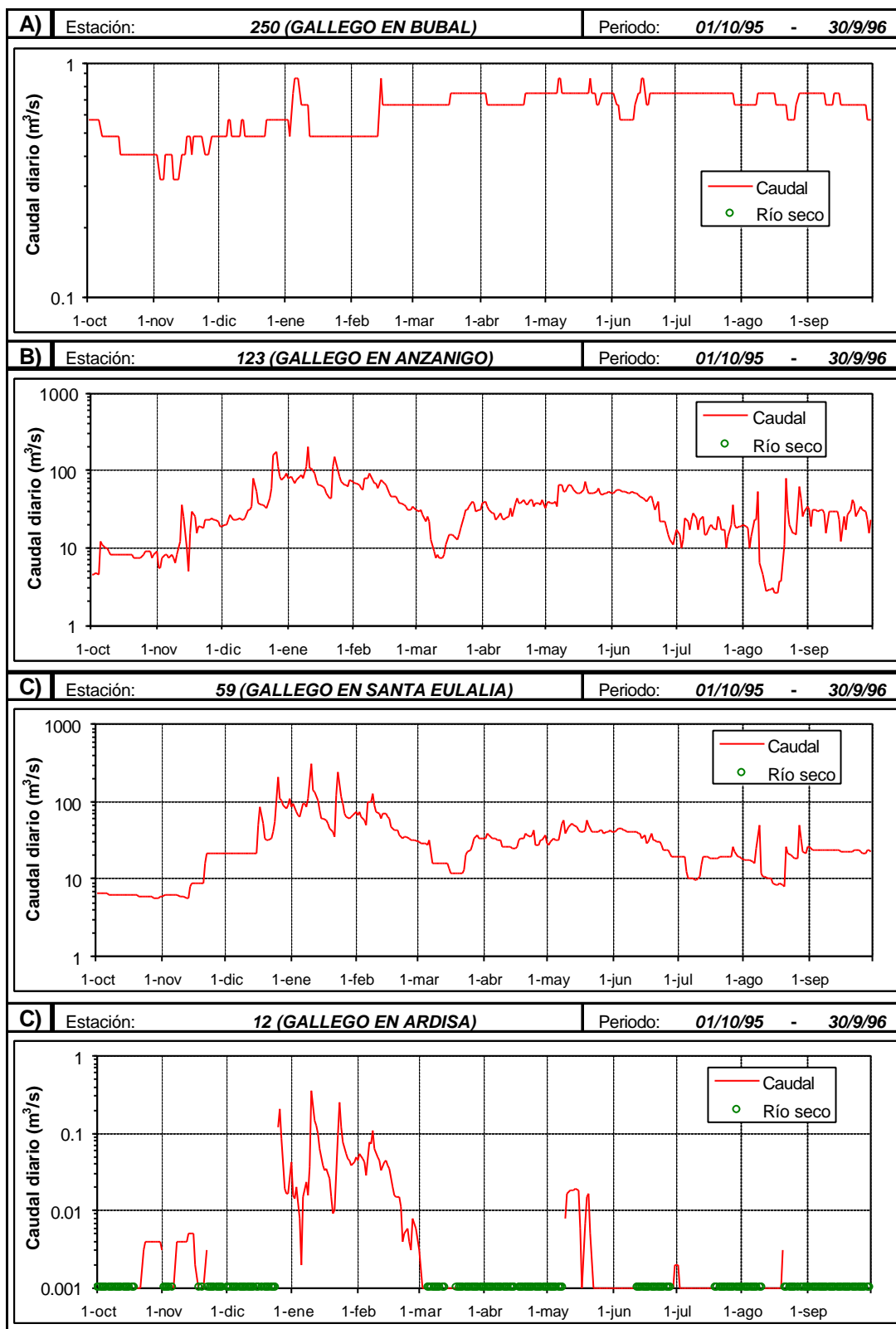
**Figura 15:** Hidrogramas medios mensuales del río Gállego: a) estación 123 (Gállego en Anzánigo) en 44 años hidrológicos del periodo 1949/50-1996/97 representativa del régimen natural del río; y b) estación 229 (barranco de la violada en Zuera) en 11 años hidrológicos del periodo 1984/85-1996/97 representativa de un régimen provocado los retornos de regadíos.

Los retornos de riego que condicionan el comportamiento hidrológico de los cauces que vierten al tramo bajo del río Gállego. El hidrograma medio mensual presenta su periodo de aguas altas entre junio y septiembre con el máximo en julio y el mínimo en febrero (Figura 15b).

Las afecciones sobre el cauce del Gállego son de varios tipos. Durante todo su recorrido las abundantes derivaciones ligadas a aprovechamientos hidroeléctricos provocan disminuciones destacadas de los caudales en el río junto con modulaciones muy alteradas con respecto a las que correspondería en un régimen no alterado. En la Figura 16a se muestra un ejemplo de estas modificaciones del régimen para el caso de la estación 250 (Gállego en Búbal) en la que el caudal que circula por el cauce es mucho menor de lo que correspondería en régimen natural y con una modulación totalmente artificial.

Durante el tramo medio del Gállego el régimen se encuentra afectado únicamente por aprovechamientos hidroeléctricos locales que provocan modulaciones de caudal semanales de escasa magnitud. Estas modulaciones se detectan, por ejemplo, en la estación de aforos 123 (Gállego en Anzánigo) durante el periodo estival (Figura 15b).

El Embalse de Ardisa constituye una obra hidráulica que transforma el régimen del Gállego desde la presa hasta Zaragoza. La importante derivación que se produce en este punto hacia el embalse de la Sotonera supone fundamentalmente una disminución del caudal que circulará aguas abajo. En algunos tramos puntuales, como el que registra la estación de aforos 12 (Gállego en Ardisa) existe una derivación de la central hidroeléctrica de Ardisa que deja en el cauce unos caudales muy reducidos.



**Figura 16:** Régimen hidrológico en el cauce del río Gállego durante el año hidrológico 1995/1996: a) estación 250 (Gállego en Búbal); b) estación 123 (Gállego en Anzánigo); c) estación 59 (Gállego en Santa Eulalia); y d) estación 12 (Gállego en Ardisa)



### **3.13. Cuenca del Alcanadre y Vero**

La cuenca del Alcanadre agrupa a un conjunto de ríos singulares que drenan el prepirineo central aragonés hacia el Cinca. Se extiende por la vertiente Sur de la Sierra de Guara y se reúne con el Cinca aguas abajo de Ontiñena, cerca de Ballobar, en la provincia de Huesca. El Vero es el cauce más oriental de este conjunto y se dirige directamente al Cinca con quien confluye aguas abajo de Barbastro.

El río Alcanadre tiene una cuenca vertiente superficial de 3.385 km<sup>2</sup>. En su margen derecha presenta dos afluentes principales: el río Guatzalema (362 km<sup>2</sup>) y el río Flumen (1.545 km<sup>2</sup>). Todos ellos nacen entre las sierras exteriores pirenaicas de Javierre y Balces. Su recorrido principal toma una dirección norte-sur, aunque en las proximidades de sus desembocaduras (Guatzalema y Flumen al Alcanadre, y Alcanadre al Cinca) tienen una dirección noroeste-sureste. La cuenca vertiente del río Vero es 372 km<sup>2</sup>. Ambas cuencas se encuentran en territorio de Aragón.

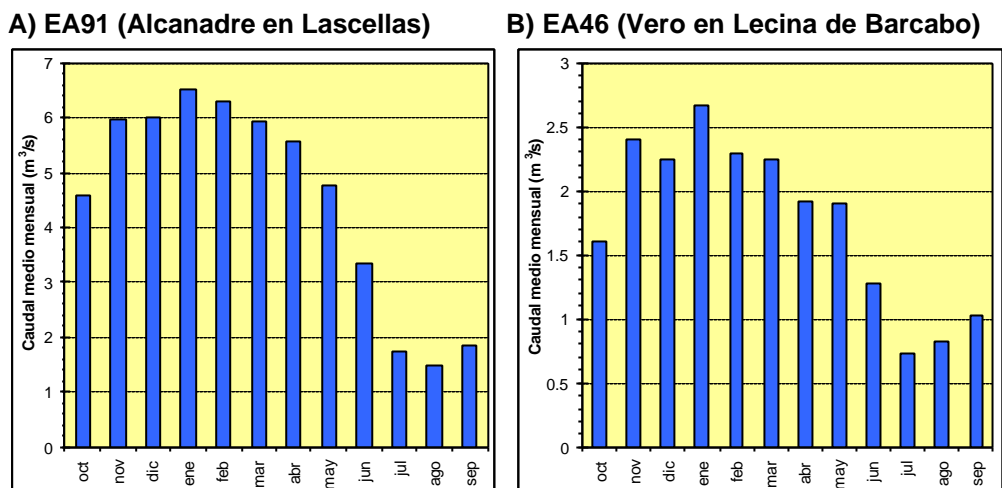
La aportación total en régimen natural es 14,2 m<sup>3</sup>/s (449,9 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total a satisfacer con aguas de ambas cuencas es de 78,7 hm<sup>3</sup>/año, que se destinan a abastecimiento de 54.629 habitantes, riego de 12.888 ha (70,75 hm<sup>3</sup>/año), y a la industria de Huesca 2,57 hm<sup>3</sup>/año.

Entre los principales usos de agua destacan los pequeños regadíos de las cuencas del Isuela (2.160 ha), Flumen (6.057 ha), Guatzalema (1.250 ha) y Alcanadre (3.421 ha). Existen tres embalses: Arguís en la cuenca del Isuela con una capacidad total de 2,5 hm<sup>3</sup>; Santa María de Belsué en el Flumen, de 13 hm<sup>3</sup>; y Vadiello, de 15,5 hm<sup>3</sup> en el cauce del Guatzalema y el embalse de Calcón, de 3,6 hm<sup>3</sup>/año, que corresponde a un afluente del Alcanadre y se puso en funcionamiento en 1996. Entre las cabeceras del Flumen y Arguís existe un pequeño trasvase cuya construcción es anterior a 1700.

Gran parte del área medio-baja de la cuenca del Alcanadre está regada con aguas procedentes del embalse de El Grado (canal del Cinca) y el embalse de la Sotonera (canal de Monegros y canal del Flumen). La zona regable es de 94.841 ha (datos de 1992) de las que 32.408 corresponden a Monegros I, 21.140 al Flumen, 1.000 a Monegros II y 40.293 al Cinca. En principio se prevé que el desarrollo final de los regadíos suponga una superficie total regable de 184.664 ha, repartida entre 60.896 en Monegros I y Flumen, 57.768 en el Cinca y 66.000 ha (provisional) en Monegros II. La ejecución de estos importantes planes de regadío suponen la construcción de numerosos canales, acequias, embalses (p.ej.: embalse de Torrollón en el canal del Flumen) y desagües. En los ríos de la cuenca del Alcanadre no existe detracción de agua para estos regadíos, puesto que se toma de los ríos Gallego y Cinca. El regadío supone un incremento de caudal en la zona baja del río debido a los retornos de los efluentes de riego.

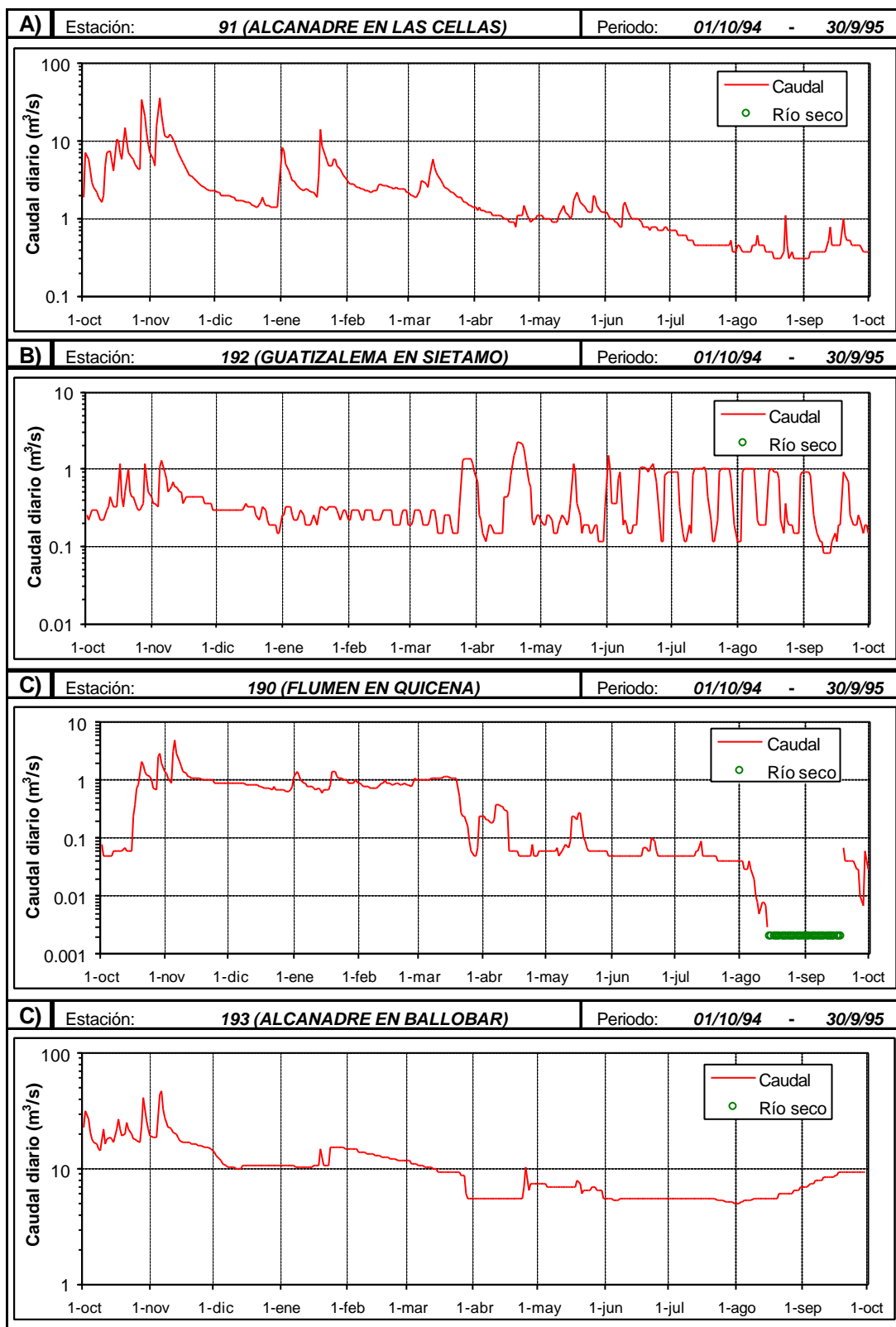
Existe una detracción de agua del río Guatzalema, regulado por el embalse de Vadiello, para abastecer a la ciudad de Huesca, aunque en ocasiones se toma del río Flumen. Existen pocos aprovechamientos hidroeléctricos en la cuenca. Dos en el Alcanadre, uno de poca importancia en el Flumen y otro en el río Vero en la Huerta del Vero.

El régimen mensual de caudales en régimen natural es semejante al registrado en la estación 91 del río Alcanadre en Lascellas. En la serie de 37 años hidrológicos completos del periodo 1953/54-1996/97 el periodo de aguas altas se presenta entre noviembre y abril con el máximo en enero y el periodo de aguas bajas entre julio y septiembre con el mínimo en agosto (Figura 17a). En la cabecera del río Vero el hidrograma tiene una evolución semejante (Figura 17b).



**Figura 17:** Hidrogramas medios mensuales en régimen natural de la cuenca del Alcanadre y Vero: a) estación 91 (Alcanadre en Lascellas) en 37 años hidrológicos del periodo 1953/54-1996/97; y b) estación 46 (Vero en Lecina de Barcabo) en 32 años hidrológicos del periodo 1942/43-1996/97.

Los usos de agua y sus infraestructuras de regulación tienen un claro efecto en el régimen hidrológico de los ríos. De esta manera, en la cabecera del río Guatzalema, la regulación producida en el embalse de Vadiello provoca que el hidrograma del río tenga puntas de agua en los meses estivales (Figura 18b), y en la zona alta del río Flumen la regulación producida en Arguís provoca variaciones bruscas de caudal (Figura 18c). Otro efecto destacado es el de los retornos de riego, que provocan que desaparezcan en los hidrogramas los mínimos estivales, como se detecta en las estaciones de aforo del tramo bajo del río Alcanadre (Figura 18d).



**Figura 18:** Modificaciones del régimen hidrológico en el año 1994/95 en la cuenca del río Alcanadre: a) estación 91 (Alcanadre en Lascellas), río en régimen natural; b) estación 192 (Guatizalema en Siétamo), afectado por el embalse de Vadiello; c) estación 190 (Flumen en Quicena) afectado por el embalse de Arguís; y d) estación 193 (Alcanadre en Ballobar) afectada por los retornos de los riegos.

### 3.14. Cuenca del Cinca

La cuenca del Cinca drena una parte importante de los Pirineos centrales aragoneses con un notable cortejo de tributarios de singular belleza: Ara, Cinqueta, Barrosa, Ésera e Isábena, que descienden desde las más altas cumbres del Pirineo hasta el Segre cerca ya del embalse de Ribarroja.

La cuenca del Cinca tiene una superficie de 4.389 km<sup>2</sup>, excluida las cuencas del Alcanadre y Vero. El recurso total en régimen natural generado en esta cuenca es 71,7 m<sup>3</sup>/s (2.272 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total es de 1.069 hm<sup>3</sup>/año con los que se abastece a 122.762 habitantes (11,9 hm<sup>3</sup>/año), se riegan 133.481 ha (1.034 hm<sup>3</sup>/año) y se atiende a 23,7 hm<sup>3</sup>/año de demanda industrial.

En la cabecera del río Cinca hasta la confluencia con el Ara el principal uso del agua es el hidroeléctrico. Existen cinco pequeños embalses en la cabecera del Cinca cuyo funcionamiento es como azudes de derivación de canales hidroeléctricos. El volumen total de estos embalses es 8,3 hm<sup>3</sup>. En ocasiones estos caudales reducen intensamente los caudales circulantes en los ríos llegando en ocasiones a secarlos.

La principal detracción de las aguas del Cinca se produce para abastecer al sistema de riegos del Alto Aragón mediante los canales del Cinca y de Monegros. Con este fin se construyeron dos grandes embalses: el embalse de Mediano, construido en 1974, aunque en 1959 ya existía un primer embalse, con 436 hm<sup>3</sup> de capacidad total; y el embalse de El Grado, construido en 1969 y con 399 hm<sup>3</sup> de capacidad total. En la presa del embalse de El Grado se encuentra la toma de aguas al canal del Cinca. Con aguas de la cuenca del Cinca se riegan 64.715 ha. La aplicación de estos regadíos a la cuenca medio-baja del Cinca implica la existencia de flujos de retorno. Estos efectos se hacen notar especialmente en el río Tamarite, que recoge los retornos del canal de Aragón y Cataluña. Otros regadíos son los del bajo Cinca, que supone 9.000 ha regables.

Otros regadíos de menor importancia servidos desde el eje del Cinca son 895 ha en tramo alto del Cinca y 10.478 ha atendidas por un conjunto de acequias entre las que destacan la de las Paúles de Monzón, Fraga y Zaidín y la del comendador de Bellver de Cinca.

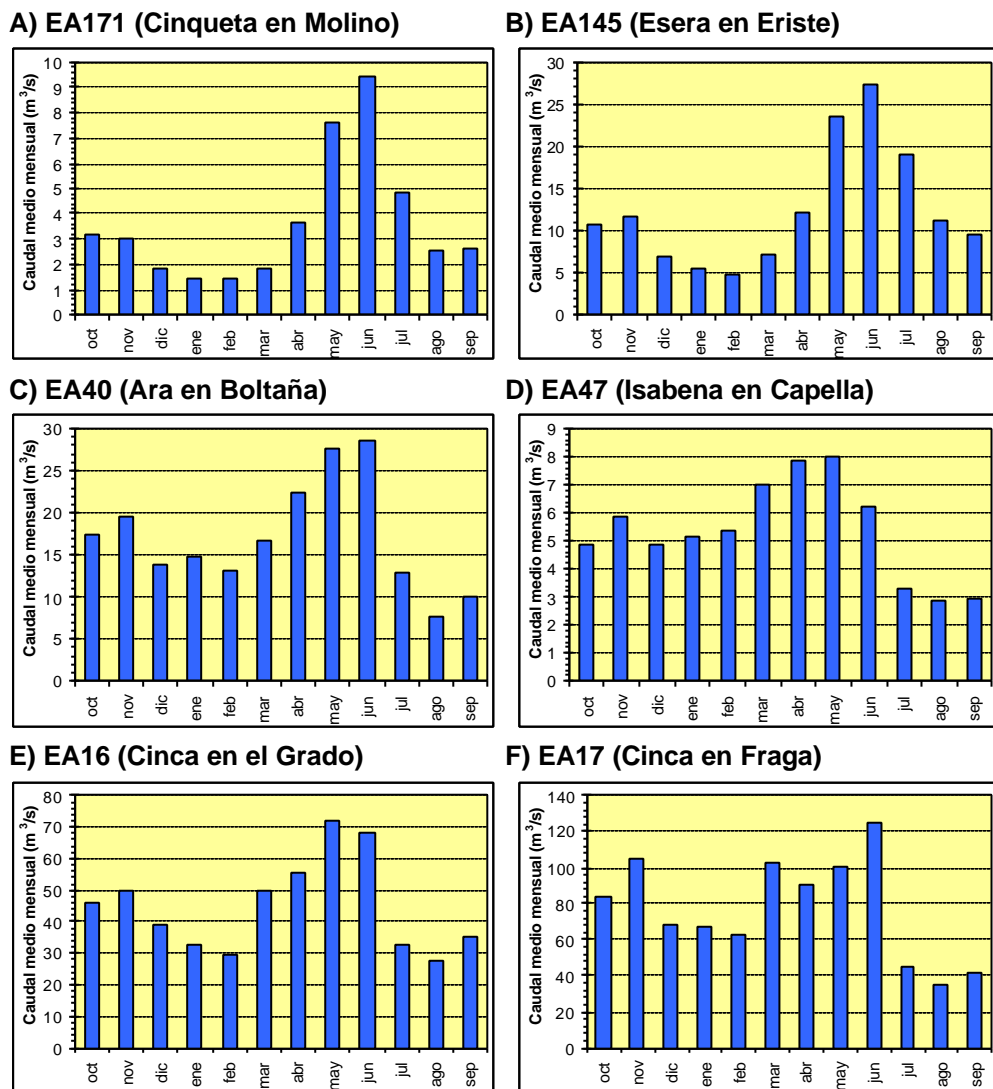
Existen importantes aprovechamientos hidroeléctricos asociados a los grandes embalses. Destacan por su elevado caudal concesional la central de Mediano (120 m<sup>3</sup>/s), el Grado I (80 m<sup>3</sup>/s), el Grado II (40 m<sup>3</sup>/s), Ariestolas (20 m<sup>3</sup>/s) y Arias I y II (40 m<sup>3</sup>/s cada una de ellas).

En el río Ésera los usos principales del agua son de tipo hidroeléctrico y agrícola. Existen siete aprovechamientos hidroeléctricos en este río y uno, de escasa importancia, en la cabecera del Isábena (Espes). En la cabecera del Ésera destacan tres embalses (Paso Nuevo, Linsoles y Estós), con una capacidad total de todos ellos de 9,7 hm<sup>3</sup>. Las derivaciones para aprovechamientos hidroeléctricos suponen una drástica disminución del caudal aguas abajo de los embalses o pequeños azudes a partir de los cuales se deriva el agua.

Si bien en la propia cuenca del Ésera existen 2.547 ha servidas por pequeñas acequias, la principal detracción en el cauce del Ésera se produce aguas abajo del embalse de Barasona. Este embalse fue construido en 1934 y tiene un volumen total de 92 hm<sup>3</sup>. Aguas abajo del embalse y después del paso del río Ésera por el Congosto de Olvena, deriva agua hacia el canal de Aragón y Cataluña. La zona regable de este canal abarca la parte baja de la intersección Segre-Cinca con una superficie total de 98.000 ha, aunque con aguas del Ésera se atiende a 54.046 ha. Los caudales para efectuar dichos regadíos provienen del Ésera (embalse de Barasona) y del Noguera Ribagorzana (embalse de Santa Ana). El canal principal parte del río Ésera y tiene una capacidad en origen de 36,4 m<sup>3</sup>/s. La capacidad de canal que toma aguas del embalse de Santa Ana es 21,6 m<sup>3</sup>/s.

Como otros usos destacan la piscifactoría de Truchas del Cinca, aguas abajo de la presa del Grado que requiere un caudal constante de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

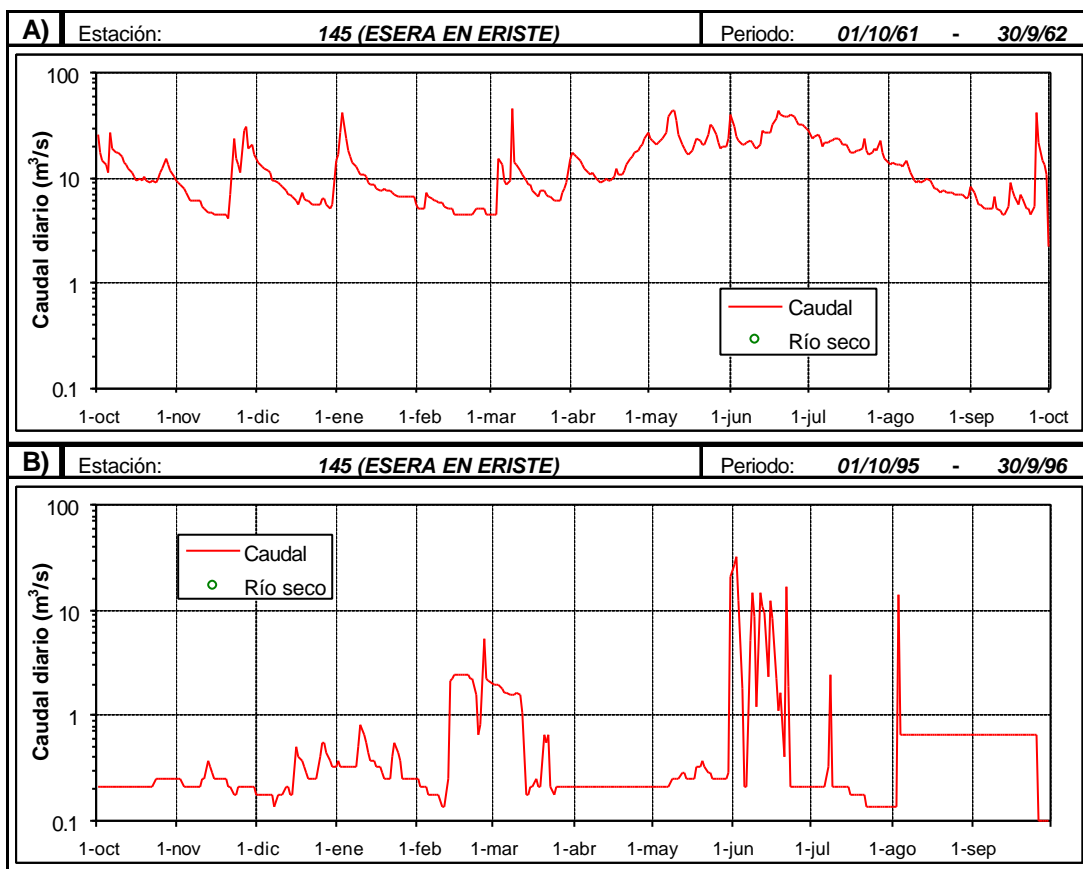
El hidrograma medio mensual en régimen natural presenta en la cabecera del Cinca y del Ésera un marcado efecto de la retención nival que se manifiesta por un periodo de aguas altas entre mayo y julio con el máximo en junio y un periodo de aguas bajas entre diciembre y marzo. Este hidrograma se presenta en las estaciones de aforos de cabecera, por ejemplo en la estación 171 (Cinqueta en Molino de Gistaín) y 145 (Ésera en Eriste) antes de la construcción de la central de Eriste (Figuras 19 a y b).



**Figura 19:** Hidrogramas medios mensuales en régimen natural de la cuenca del Cinca: a) estación 171 (Cinqueta en Molino de Gistaín) en 28 años hidrológicos del periodo 1965/66-1992/93; b) estación 145 (Ésera en Eriste) en 16 años completos del periodo anterior a la construcción de la central hidroeléctrica de Eriste (10/1951-9/1969); c) estación 40 (Ara en Boltaña) en 41 años completos del periodo 1952/53-1998/99.; d) estación 47 (Isábena en Capella) en 35 años completos del periodo 1051/52-1998/99; e) estación 16 (Cinca en el Grado) en 21 años completos antes de la construcción del embalse del Grado y Mediano (1/1913-10/1966); f) estación 17 (Cinca en Fraga) en 20 años completos antes de la construcción de los embalses del Grado y Mediano.

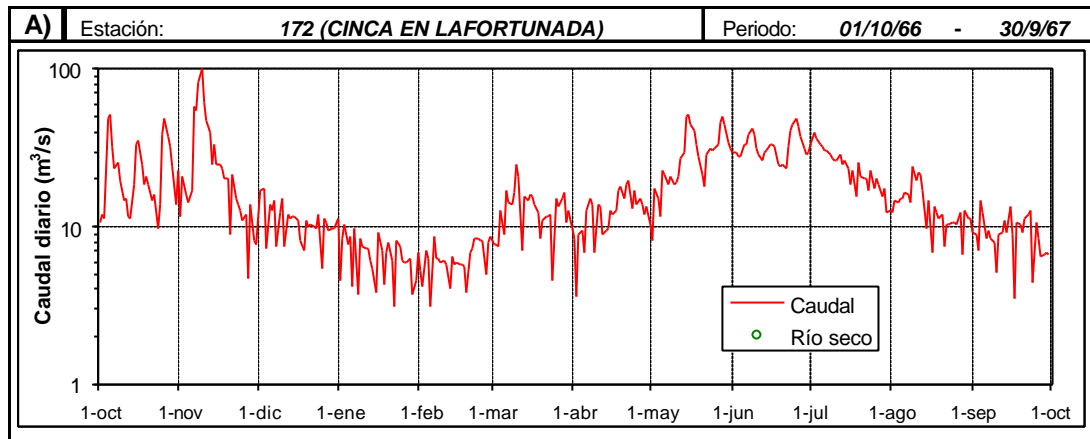
Conforme disminuye la cota de la cuenca vertiente, la influencia nival va disminuyendo paulatinamente, aumentando el mínimo invernal. Este hecho da lugar a una gradación de hidrogramas medios mensuales conforme el río avanza en dirección sur. El hidrograma de la estación 47 del río Isábena en Capella es indicativo de esta evolución (Figura 19d) y el caso de la estación 40 (Ara en Boltaña) pone de manifiesto cómo, conforme se avanza en el recorrido, el mínimo deja de ser invernal a ser estival. El caso de las estaciones 16 (Cinca en el Grado) y 17 (Cinca en Fraga) antes de la construcción de los grandes embalses de la cuenca es un ejemplo del mismo efecto (Figuras 19 e y f).

El régimen hidrológico diario de la cuenca del Cinca se encuentra afectado por numerosas infraestructuras ligadas a los usos de agua. De ellas destaca por su importancia en la cabecera de los ríos las derivaciones para aprovechamientos hidráulicos que provocan constantes disminuciones de agua en los cauces, secándose o manteniendo caudales mucho menores a los que les correspondería y con modulaciones muy alejadas de su régimen natural. Un ejemplo de estas transformaciones se ha detectado en la estación 145 (Ésera en Eriste) en la que se reduce el caudal de forma muy destacada aguas abajo de la presa de Linsoles (Figura 20).

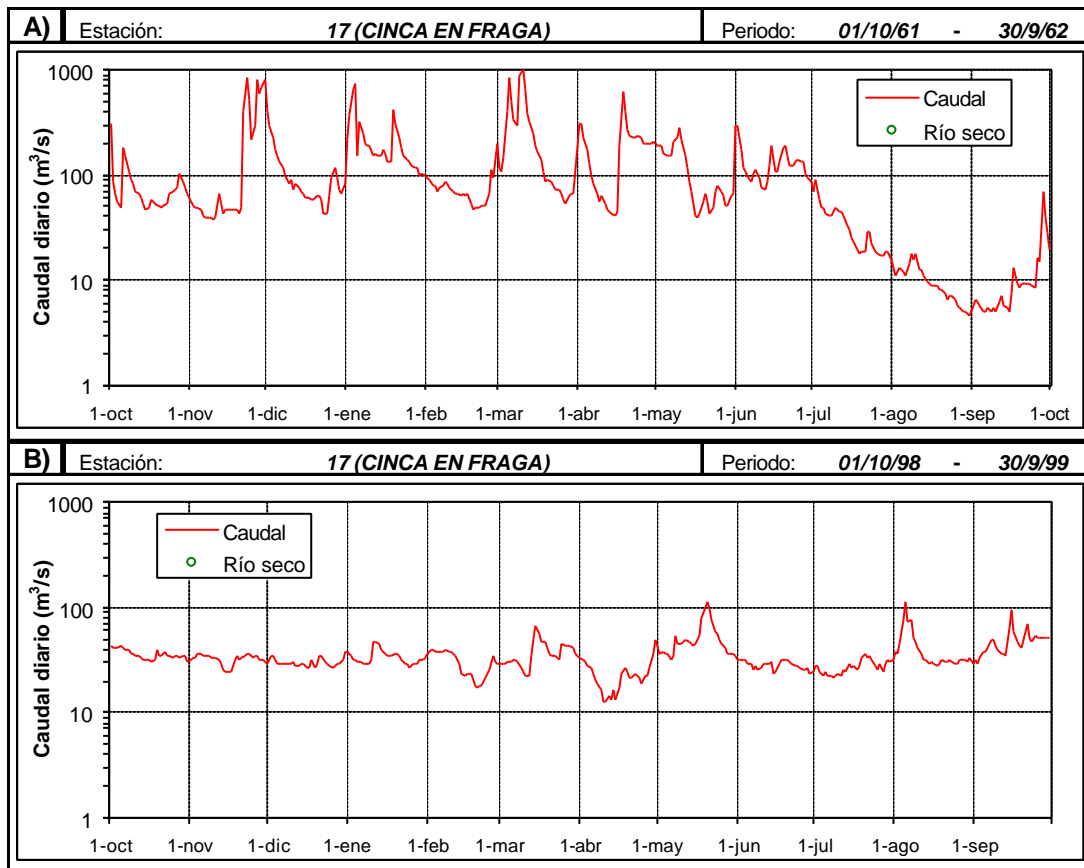


**Figura 20:** Modificación del régimen hidrológico en la estación 145 (Esera en Eriste) motivada por la derivación para uso hidroeléctrico ligada a la presa de Linsoles.

En otras ocasiones la regulación hidroeléctrica altera el régimen hidrológico con un ritmo semanal en el sentido de que los domingos de cada semana el caudal se reduce de forma destacada porque estos días no se turbinan con tanta intensidad debido a necesidades de consumo. En la Figura 21 se muestra el ejemplo de la estación 172 (Cinca en Lafortunada) en la que se produce esta modulación típica de la regulación hidroeléctrica y muy presente en la cabecera de los río pirenaicos.



**Figura 21:** Modulación semanal típica de regulación hidroeléctrica en la estación 172 (Cinca en Lafortunada).



**Figura 22:** Hidrogramas diarios de la estación 17 del río Cinca en Fraga antes y después de la construcción de los embalses de El Grado y Mediano.

El tramo bajo del Cinca ha sufrido una modificación de su régimen hidrológico a partir de la construcción de los tres grandes embalses de la cuenca. En la Figura 22 se presenta el hidrograma diario de dos años hidrológicos de la estación 17 (Cinca en Fraga) antes y después de la construcción de los grandes embalses de El Grado y Mediano. Antes de su construcción era frecuente la existencia de caudales bajos en verano y después de su construcción el hidrograma presenta una menor oscilación debido a la propia regulación de los embalses y a los retornos de toda la zona regable.

### **3.15. Cuenca del Noguera Ribagorzana**

El Noguera Ribagorzana drena una cuenca estrecha y alargada de 2.061 km<sup>2</sup>. Su mayor cota es de 3.205 m y la menor no sobrepasa los 300 m. Su nacimiento se produce en la Sierra de la Maladeta y San Mauricio y tiene una dirección predominante norte-sur, desembocando en el Segre en las proximidades de Corbins. Durante la mayoría de su recorrido constituye el límite entre las provincias de Huesca y Lérida, excepto en su tramo final, que se realiza en la Provincia de Lérida.

Los principales afluentes en la margen derecha son el Baliera (cuenca vertiente de 104 km<sup>2</sup>) y el río Guart. En la margen izquierda destacan el Noguera de Tor (240 km<sup>2</sup>). A su vez, este último tiene un afluente en su margen izquierda, que recoge parte de las aguas de la Sierra de San Mauricio, el río San Nicolau (64 km<sup>2</sup> de cuenca vertiente).

La aportación total en régimen natural es 20 m<sup>3</sup>/s (639 hm<sup>3</sup>/año), según el PHE. La demanda total a satisfacer con aguas de esta cuenca es 457 hm<sup>3</sup>/año, con las que se abastece a 142.072 habitantes (14 hm<sup>3</sup>/año), 60.431 ha (428,8 hm<sup>3</sup>/año) y se atiende una demanda de 13.84 hm<sup>3</sup>/año.

Los principales usos de agua del Noguera Ribagorzana son de aprovechamiento hidroeléctrico y para regadío. Para la regulación del agua existen los siguientes embalses:

- 1) Embalses del Alto Noguera, de uso hidroeléctrico y con 52 hm<sup>3</sup> de capacidad total.
- 2) Embalse de Escalles, con 152 hm<sup>3</sup> de capacidad total. Se construyó en 1955.
- 3) Embalse de Canelles, con 678 hm<sup>3</sup> de capacidad total. Se construyó en 1957. No se ha llenado en ningún momento debido a que tiene filtraciones muy importantes.
- 4) Embalse de Santa Ana, con 240 hm<sup>3</sup> de capacidad total y construido en 1961. El volumen útil para el regadío es 138 hm<sup>3</sup>.

Existen 17 aprovechamientos hidroeléctricos ligados a cauces de la cuenca siendo los de mayor importancia la central de Canelles con un caudal máximo de 100,7 m<sup>3</sup>/s y la de Santa Ana con un caudal de 50 m<sup>3</sup>/s.

Entre las infraestructuras de transporte destacan las siguientes:

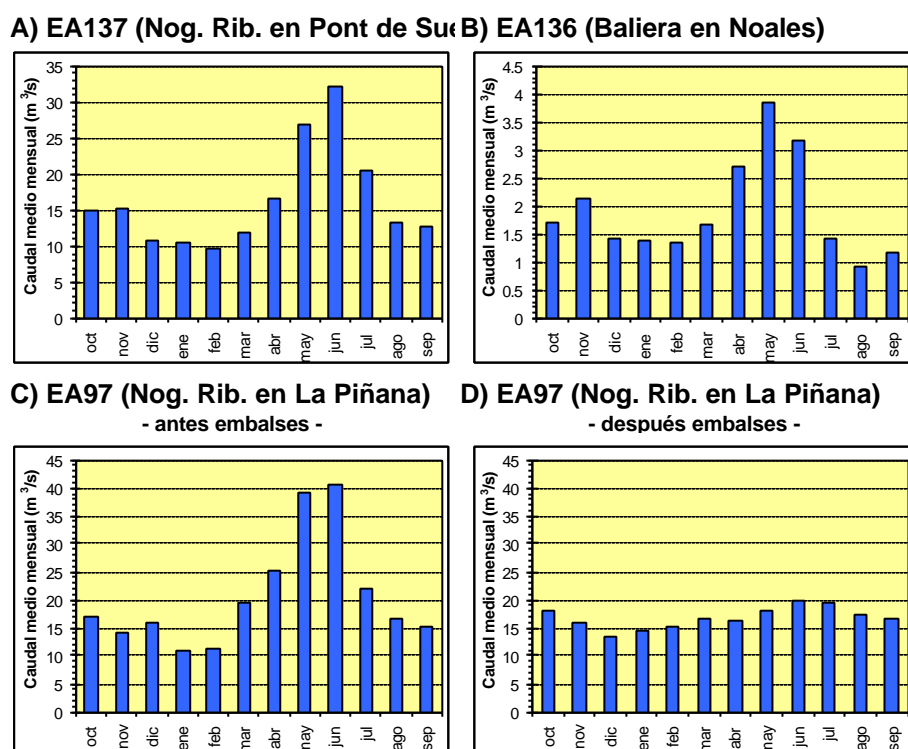
- 1) Canal de Puente Montañana. Toma sus aguas en el embalse de Escalles y turбина en las proximidades del embalse de Canelles. Tiene una concesión de 30 m<sup>3</sup>/s. Supone una importante disminución del caudal en el río entre ambos embalses.
- 2) Canal de Aragón y Cataluña. Los caudales provenientes del Noguera Ribagorzana hacia este canal se toman en el embalse de Santa Ana. La capacidad máxima del canal proveniente de este embalse es 26 m<sup>3</sup>/s. Con aguas del Noguera Ribagorzana se riegan 44.156 ha.



3) Canal de Piñana. Toma sus aguas en el azud de Piñana, aguas abajo del embalse de Santa Ana. Riega 13.495 ha y tiene una concesión de 11,7 m<sup>3</sup>/s. Además, este canal tiene intercalados a lo largo de su recorrido 16 saltos hidroeléctricos.

4) Canal de Arlegui-Balaguer.

El régimen hidrológico en régimen natural de la cabecera de la cuenca del Noguera Ribagorzana responde a un régimen de tipo nivopluvial dada su situación en el Pirineo central. Este régimen se aprecia en la estación 137 (Noguera Ribagorzana en Pont de Suert) con su periodo de aguas altas entre abril y julio con el máximo en junio (Figura 23). El periodo de aguas bajas se presenta entre diciembre y marzo, coincidiendo con la época más fría, y el mes con menores caudales es febrero.



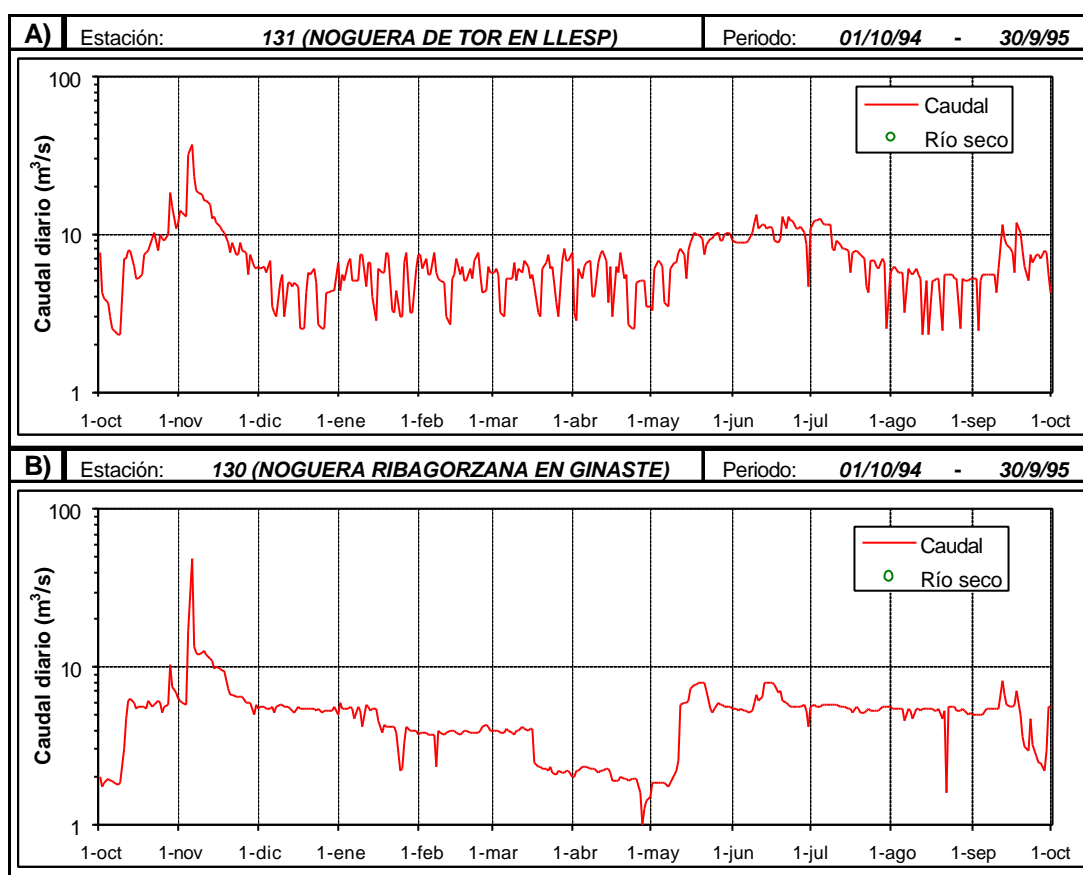
**Figura 23:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del Noguera Ribagorzana: a) estación 137 (Noguera Ribagorzana en Pont de Suert) en 40 años completos durante el periodo 1953/54-1997/97; b) estación 136 (Baliera en Noales) en 31 años completos durante el periodo 1965/66-1996/97; c) estación 97 (Noguera Ribagorzana en La Piñana) en 7 años completos antes de la construcción de los grandes embalses del eje de Noguera (11/1956-3/1955); y d) la estación anterior en 43 años completos después de la construcción de los embalses (4/1955-9/1999).

La cuenca del río Baliera en Noales presenta un régimen con un hidrograma semejante, aunque el periodo de aguas bajas es estival (Figura 23b). Esta diferencia en el mínimo con respecto al hidrograma que se registra en Pont de Suert se puede justificar por una menor importancia de la retención nival en la cuenca del Baliera.

El régimen nivopluvial fue el característico de todo el eje del Noguera Ribagorzana en condiciones naturales. En la estación de aforos situada en la desembocadura del río Noguera Ribagorzana (estación 97, situada en la Piñana) tomando los datos anteriores a la construcción de los embalses de Escales, Canelles y Santa Ana (Figura 23c) se reproduce un hidrograma

semejante al de Pont de Suert. Sin embargo, si se toman los datos posteriores a la construcción de estos embalses y los canales de riego que llevan asociados, se tiene (Figura 23d) que el caudal que recorre el cauce disminuye, y que además la modulación es mucho menor, disponiéndose de un régimen diferenciado con respecto al que se debería esperar en condiciones naturales.

El régimen diario presenta importantes modificaciones debido a las infraestructuras de regulación y de transporte. En la cabecera los aprovechamientos hidroeléctricos provocan variaciones importantes del caudal medio de los ríos en función de los lugares de toma y turbinación. Este efecto se encuentra presente en prácticamente todos los ríos de la cuenca. En la cabecera existen canales hidroeléctricos a lo largo del recorrido de los tres grandes ríos (Noguera Ribagorzana, Noguera de Tor y Baliera). En la Figura 24 se muestran hidrogramas típicos de estas zonas.

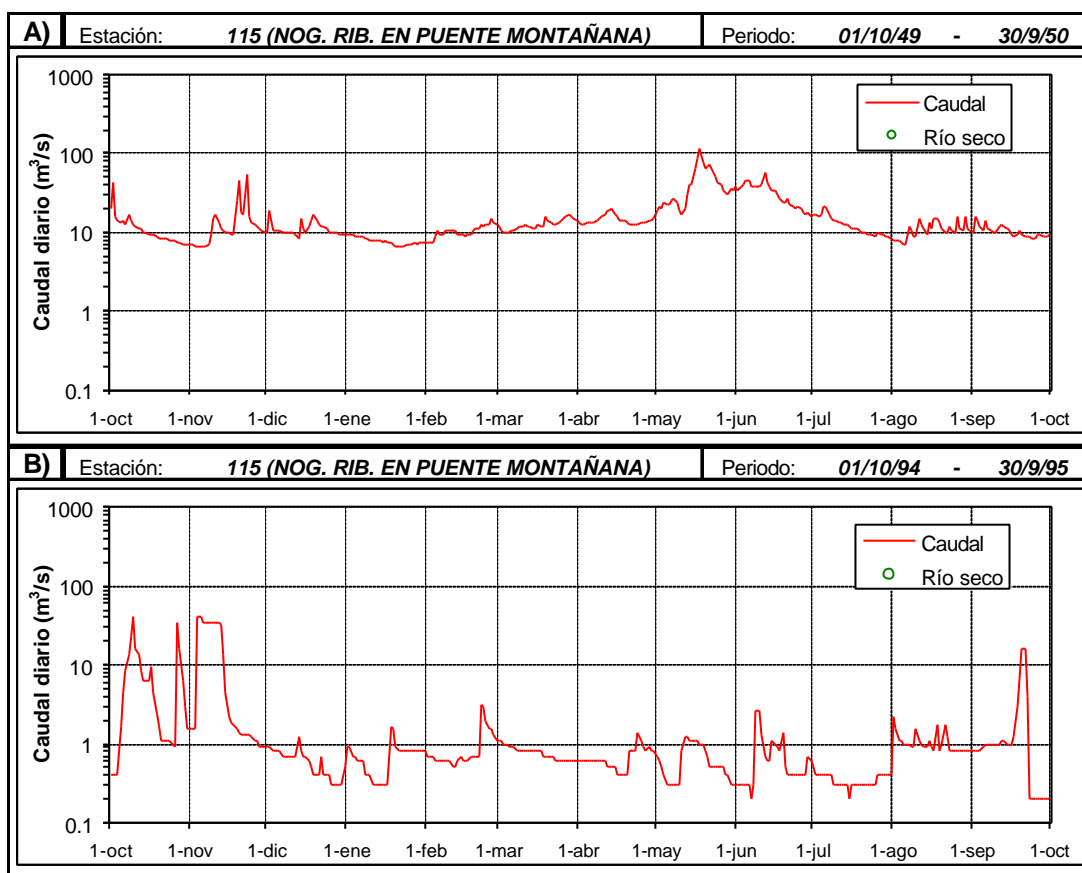


**Figura 24:** Hidrogramas diarios de la cabecera de la cuenca del Noguera Ribagorzana afectados por regulación hidroeléctrica: a) estación 131 (Noguera de Tor en Llesp); b) estación 130 (Noguera Ribagorzana en Ginasté).

En el río Noguera de Tor en Llesp (estación 131) no existe ningún canal hidroeléctrico paralelo y por ello el caudal es el que corresponde a la cuenca situada aguas arriba. Sin embargo, la modulación diaria se encuentra afectada detectándose una ritmicidad semanal puesto que los domingos no se turbinan el agua, recogiéndose en los embalses (Figura 24a).

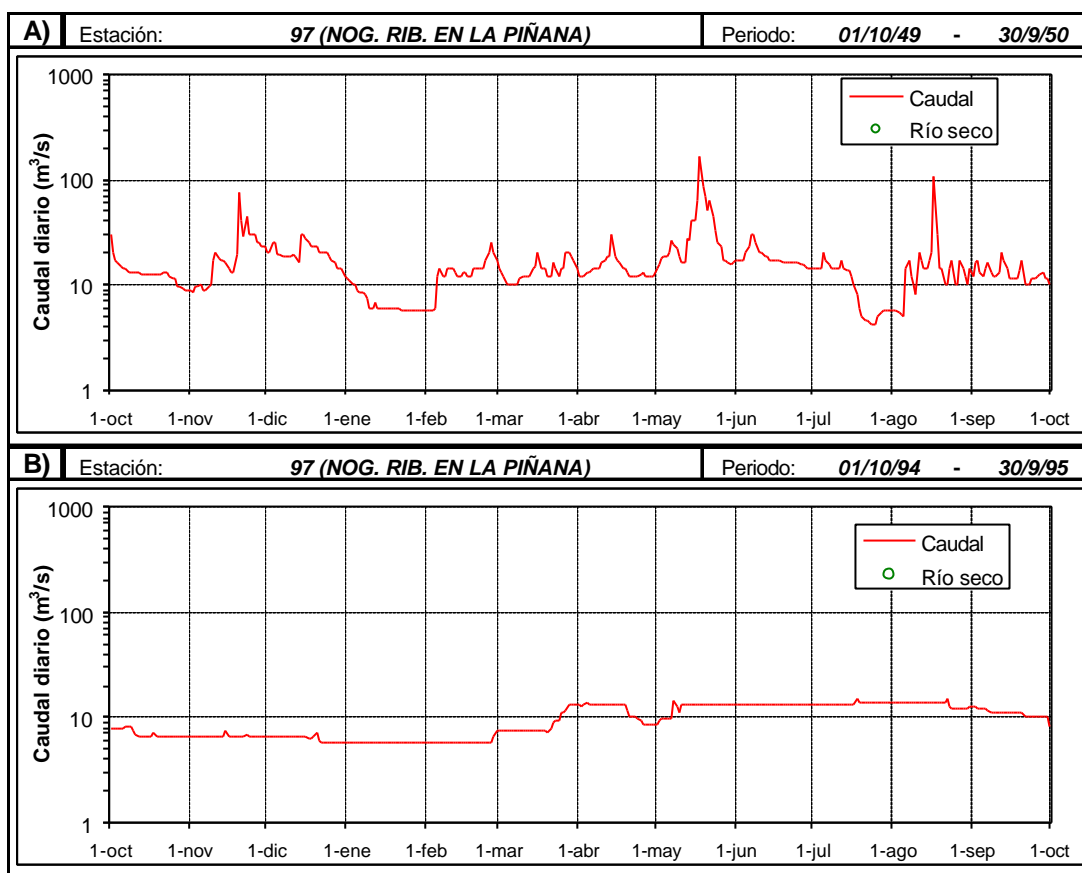
La situación del Noguera Ribagorzana en Ginasté (estación 130) responde a un cauce que se encuentra aguas abajo de un azud de derivación. El azud toma aguas hacia la central de Vilaller, con un caudal máximo de 7 m<sup>3</sup>/s. El hidrograma que se registra en Ginasté presenta un caudal menor que el que le correspondería en régimen natural y una modulación diaria afectada (Figura 24b).

Una situación similar a la de Ginasté se detecta en la estación de aforos 115 del Noguera Ribagorzana en Puente Montañana. En el tramo del río Noguera desde el embalse de Escales hasta el de Canelles, hay una derivación hidroeléctrica que turbinada en la central de Puente Montañana con un caudal máximo de 28,5 m<sup>3</sup>/s. En la Figura 25a se muestra el hidrograma en régimen natural y en la Figura 25b se indica cómo el régimen se encuentra afectado mostrando un caudal de mucha menor magnitud que la que le correspondería en régimen natural y una modulación notablemente afectada.



**Figura 25:** Hidrogramas diarios de la estación 115 (Noguera Ribagorzana en Puente Montañana) antes (a) y después (b) de la construcción del embalse de Escales.

El canal de Aragón y Cataluña toma sus aguas en el embalse de Santa Ana. La detención del agua hacia los canales de riego provoca una disminución de caudal en el cauce del río Noguera Ribagorzana aguas abajo de la presa, así como una alteración de la modulación diaria. En la Figura 26a se presenta el régimen diario en la estación de la Piñana antes de la construcción de los grandes embalses de regulación del río Noguera Ribagorzana y un hidrograma diario cuando estos embalses están en funcionamiento.



**Figura 26:** Hidrogramas diarios de la estación 97 (Noguera Ribagorzana en La Piñana) antes (a) y después (b) de la construcción de los embalses de Escalles, Canelles y Santa Ana.

### 3.16. Cuenca del Noguera Pallaresa

La cuenca del Noguera Pallaresa discurre íntegramente por territorio catalán, cubre una extensión de 2.807 km<sup>2</sup> desde el eje pirenaico hasta el Segre en Camarasa, aguas arriba de Balaguer (Lleida). La cota mayor de su cuenca es 2906 msnm y la menor no supera los 300 m. El nacimiento se produce en los Pirineos, entre Aigües Tortes y la Sierra de Moteixo.

Los principales afluentes en la margen derecha son el arroyo de San Mauricio y el río Flamisell (cuenca vertiente de 349 km<sup>2</sup>). En la margen izquierda destacan los ríos Valfarrera (412 km<sup>2</sup>), Romandrín, Careu, y Abella. El río Valfarrera tiene dos afluentes principales: el río Lladorré o Noguera de Cardos en la margen derecha (137 km<sup>2</sup>) y el río Tor en la margen izquierda (60 km<sup>2</sup>).

La aportación total en régimen natural de la cuenca es, según el PHE, 40,3 m<sup>3</sup>/s (1.279 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total a satisfacer con aguas de esta cuenca es 16,0 hm<sup>3</sup>/año, con los que se abastece a 18.878 habitantes (1,065 hm<sup>3</sup>/año), 3.337 ha ( 14,06 hm<sup>3</sup>/año) y 0,32 hm<sup>3</sup>/año de demanda industrial.

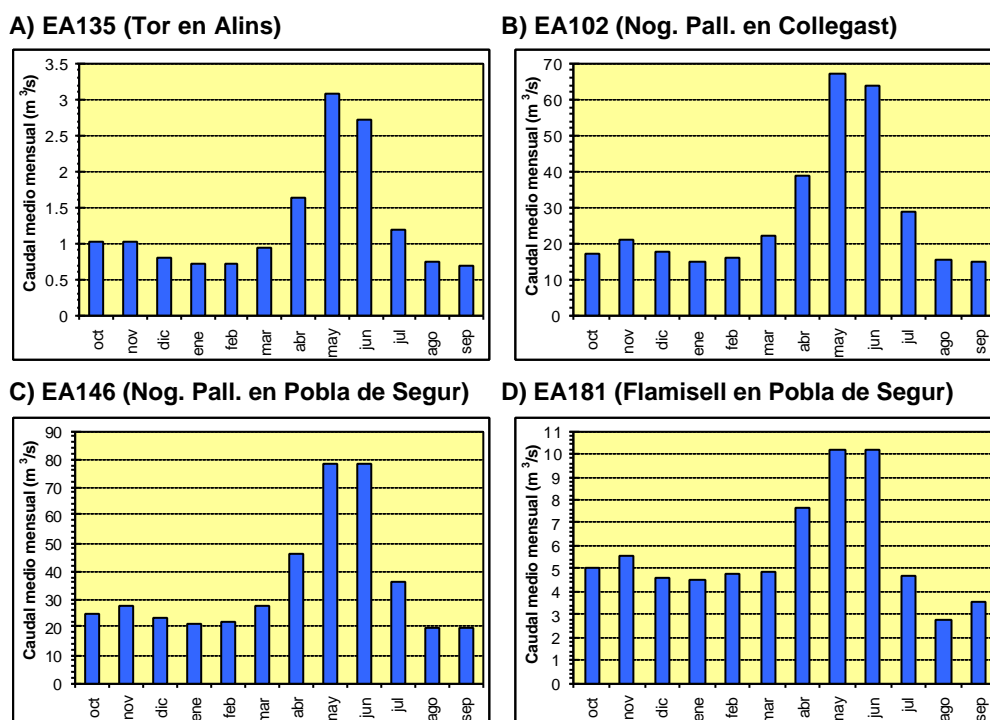
El principal aprovechamiento del agua del Noguera Pallaresa es el uso hidroeléctrico. Este uso ha llevado consigo la realización de numerosos embalses entre los que destacan por su mayor capacidad:

- 1) Embalse de Trepmp o de Talarn. Construido en 1916 con una capacidad total de 258 hm<sup>3</sup>.
- 2) Embalse de Terradets. Construido en 1935, con capacidad máxima de 33 hm<sup>3</sup>.
- 3) Embalse de Camarasa. Construido en 1920 con capacidad máxima de 163 hm<sup>3</sup>.

Además, existen otros pequeños embalses de mucha menor capacidad que los anteriores. Por ejemplo, en la cabecera del Noguera Pallaresa se encuentran los embalses de Boreu y La Torrasa y en el del Noguera de Cardós el embalse de Tabescán. Este último tiene una capacidad de 0,6 hm<sup>3</sup> y comenzó a funcionar en 1966 con objeto de derivar agua del río hacia la Central Hidroeléctrica de Llavorsí.

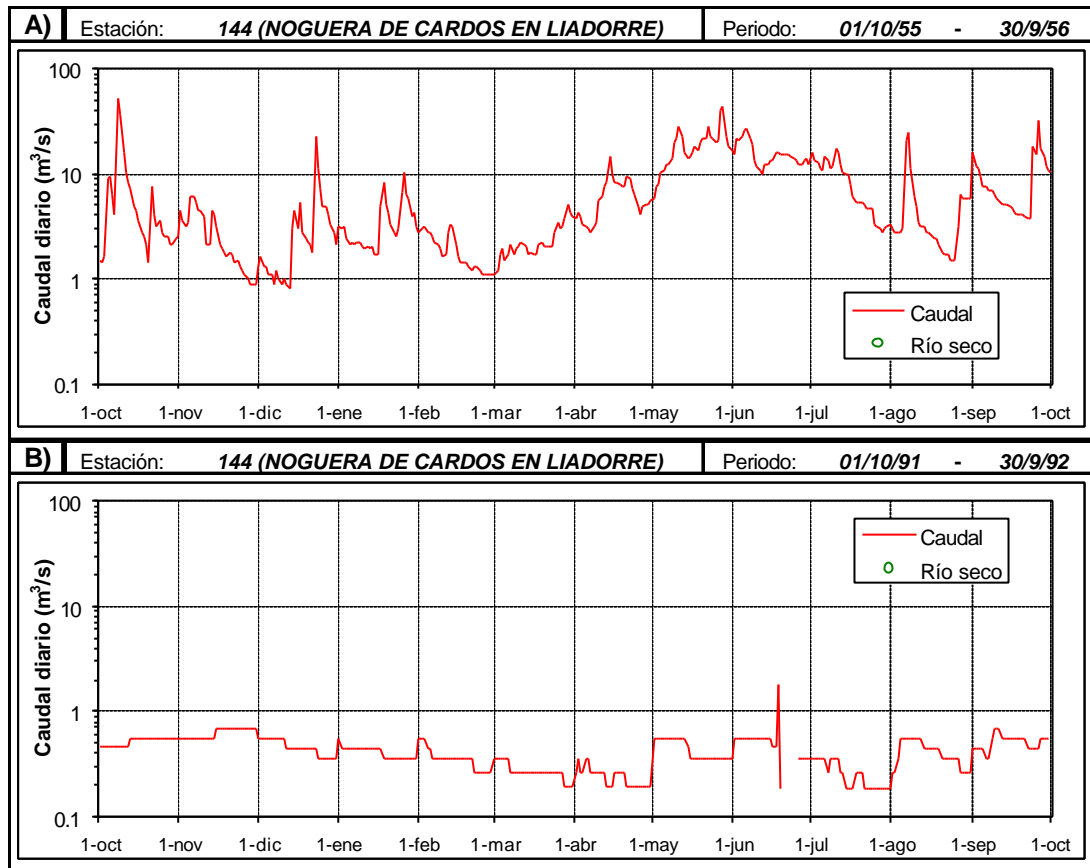
Con aguas reguladas en esta cuenca se atienden los riegos y abastecimientos atendidos desde el Canal Auxiliar de Urgel, cuya toma se realiza en el Segre aguas abajo de la desembocadura del Noguera Pallaresa.

El hidrograma medio mensual del río Noguera Pallaresa en condiciones no afectadas presenta un carácter nivopluvial con el periodo de aguas altas entre abril y julio con el máximo en mayo o junio. Existen dos periodos de aguas bajas, uno entre diciembre y febrero con el mínimo en enero, y el otro en agosto y septiembre. Los hidrogramas del tramo medio y alto del Noguera Pallaresa (Figuras 23a, b y c) presentan este hidrograma tipo. En los afluentes del tramo medio como el Flamisell el mínimo estival presenta caudales más bajos que el mínimo invernal debido a sus condiciones menos frías que la cabecera (Figura 23d).



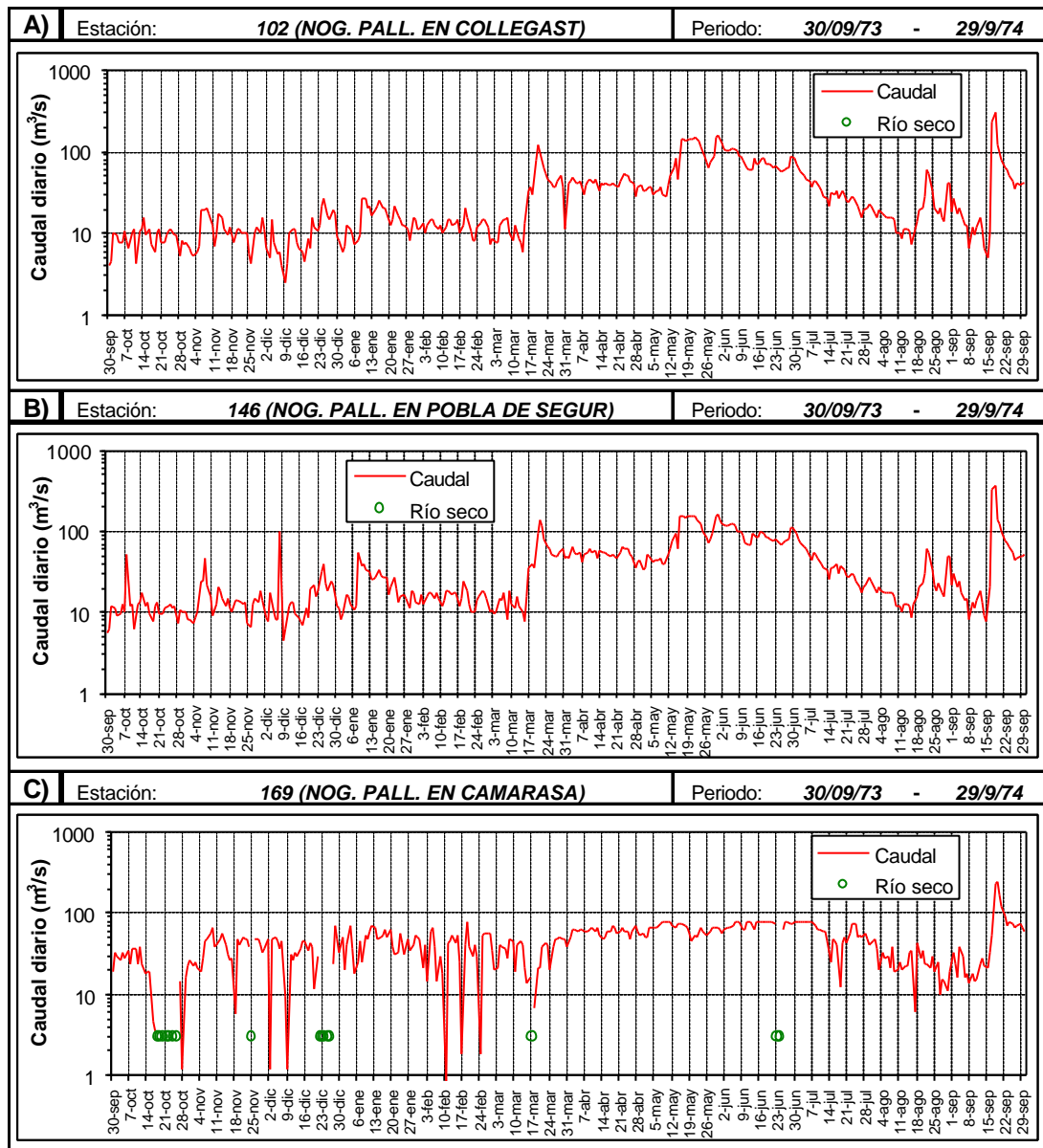
**Figura 27:** Hidrogramas medios mensuales característicos del régimen natural de la cuenca del Noguera Pallaresa: a) estación 135 (Tor en Alins) en 29 años completos del periodo 1965/66-1998/99; b) estación 102 (Noguera Pallaresa en Collegast) en 42 años completos del periodo 1945/46-1991/92; c) estación 146 (Noguera Pallaresa en Pobla de Segur) en 37 años completos del periodo 1952/53-1991/92; d) estación 181 (Flamisell en Pobla de Segur) en 22 años completos del periodo 1965/66-1991/92.

La alteración del hidrograma por la actividad hidroeléctrica tiene varios efectos. Un ejemplo es el río Noguera Pallaresa en Lladorré, que se encuentra aguas arriba de una derivación hacia la central de Llavorsí, con 20 m<sup>3</sup>/s de caudal. En la Figura 28 se muestran los hidrogramas de dos años hidrológicos de la estación de aforos situada en Lladorré, uno antes de la construcción de la central y el otro después. Se observa claramente la disminución del caudal circulante, así como la modificación de la modulación natural.



**Figura 28:** Hidrogramas diarios de la estación 144 (Noguera de Cardos en Lladorré) antes (a) y después (b) de la construcción de la central hidroeléctrica de Llavorsí.

En todo el eje del río Noguera Pallaresa, así como en el Flamisell se deja sentir la regulación hidroeléctrica. En la estación de Collegast y Pobla de Segur (Figuras 29a y 29b) se detecta que los domingos el caudal que circula por el río se reduce. Este hecho es más notable en época invernal, puesto que los caudales circulantes son más bajos. El embalse de Camarasa supone una intensa actividad hidroeléctrica que ha llegado a secar el cauce del río. Además modula en agua para abastecer en verano a los regadíos del Canal Auxiliar de Urgell. En la Figura 29c se incluye el hidrograma de la estación de aforos situada aguas abajo de Camarasa y que pone claramente de manifiesto los efectos antes citados.



**Figura 29:** Efectos de la regulación hidroeléctrica en el río Noguera Pallaresa.: a) estación 102 (Noguera Pallaresa en Collegast); b) estación 146 (Noguera Pallaresa en Poblá de Segur); y c) estación 169 (Noguera Pallaresa en La Piñana). Los ejes verticales coinciden con los domingos.

### **3.17. Cuenca del Segre**

La cuenca del Segre propiamente dicha, sin incluir a la del Cinca, ni sus afluentes principales Ribagorzana y Pallaresa, ocupa una extensión de 8.167 km<sup>2</sup>, incluyendo su cabecera en Francia y la zona del Valira en Andorra.

El Segre desciende desde la zona oriental pirenaica hacia el Ebro recogiendo por su margen derecha los notables afluentes antes indicados y por su margen izquierda los de menor entidad que proceden de la divisoria de la cuenca del Ebro con la de las cuencas internas de Cataluña.

Los principales afluentes en la margen derecha son el Carol (cuenca vertiente de 157 km<sup>2</sup>), el Durán, el Valira (562 km<sup>2</sup>), la Riera de la Guardia, el río Cabo, el Sellent (70 km<sup>2</sup>), el Rialp, el Boix, el Noguera Pallaresa y el Noguera Ribagorzana. En la margen izquierda los afluentes tienen menor cuenca vertiente y menor cota que los de la margen derecha. Destacan por su mayor cuenca los ríos Vansa, Llobregos, Sío (501 km<sup>2</sup>), Corp (537 km<sup>2</sup>) y Set.

La aportación total de esta cuenca en régimen natural es, según el PHE, 88 m<sup>3</sup>/s (2.790 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total es 887 hm<sup>3</sup>/año, que se destinan para el abastecimiento de 170.541 habitantes (15,2 hm<sup>3</sup>/año), 105.351 ha (846 hm<sup>3</sup>/año) y 25,3 hm<sup>3</sup>/año que se emplean para satisfacer a la industria.

Las obras hidráulicas más importantes son el embalse de Oliana y el Canal de Urgel. El embalse se puso en funcionamiento en 1959 y tiene una capacidad máxima de 101 hm<sup>3</sup>. El Canal de Urgel toma sus aguas del Segre en la presa de Tossal (término municipal de Ponts). Riega unas 51.500 ha. En origen la capacidad máxima del canal es de 56 m<sup>3</sup>/s. En marzo de 2000, ha comenzado a funcionar el embalse de Rialp, con una capacidad de 400 hm<sup>3</sup>.

Otros regadíos importantes son los que se realizan mediante el canal Auxiliar de Urgell. El Canal auxiliar de Urgell toma sus aguas en el embalse de San Lorenzo, situado aguas abajo de Camarasa. Su zona regable es de 23.500 ha y la capacidad oscila desde los 8 m<sup>3</sup>/s en origen hasta los 3 m<sup>3</sup>/s en su tramo final. Este canal emplea aguas sobrantes del Segre y se complementa con aguas reguladas en el Noguera Pallaresa.

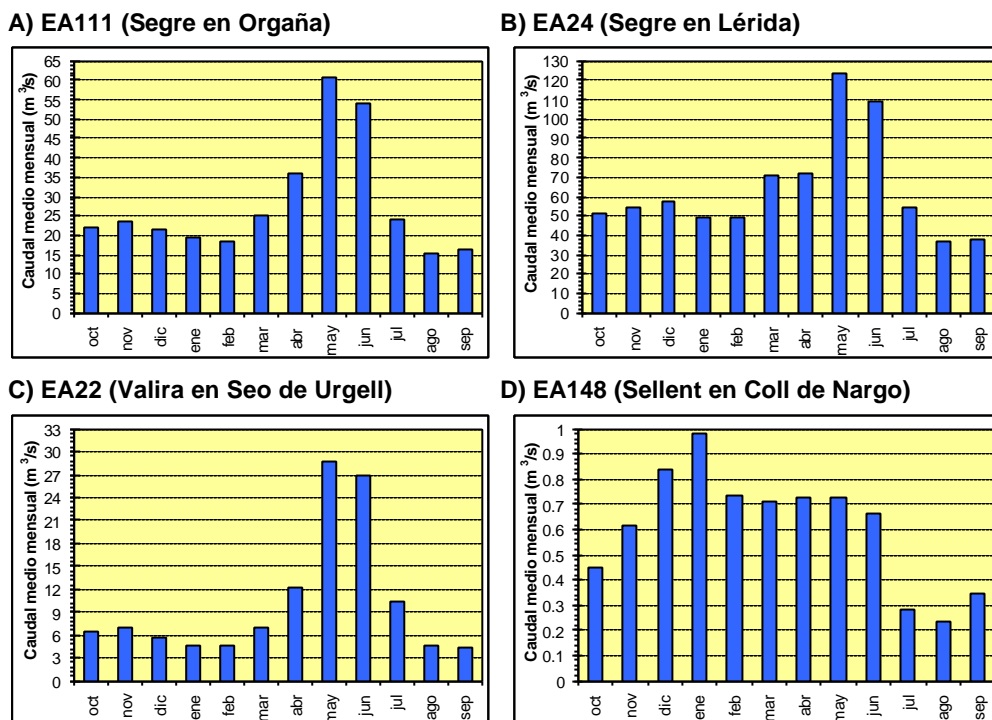
En cabecera del Segre destacan los pequeños regadíos de la Cerdaña, con una superficie total de 8.604 ha y en el bajo Segre se atienden 15.951 ha.

El potencial hidroeléctrico aprovechado en esta cuenca es muy importante. En el cauce del Segre se han censado doce centrales, siendo la de mayor potencia la de Serós, con un caudal máximo de 120 m<sup>3</sup>/s. Existen otros aprovechamientos hidroeléctricos destacados en el río Valira.

Existen cuatro piscifactorías. La más importante se encuentra aguas abajo del embalse de Oliana y tiene un caudal de 4,6 m<sup>3</sup>/s.

El régimen medio mensual correspondiente a las condiciones naturales corresponde a un régimen nivopluvial con una incidencia de la retención nival menos acusada que en las cuencas situadas en el sector central pirenaico. El periodo de aguas altas en las estaciones de cabecera y del eje del Segre se presenta entre abril y junio con el máximo en mayo. Se detectan dos periodos de aguas bajas. Uno coincide con la época invernal y se registra entre diciembre y febrero con el mínimo en febrero y el otro se presenta en agosto y septiembre. El mínimo absoluto se presenta en verano en el cauce del Segre (Figuras 30a y b) y algún cauce pirenaico como el Valira lo registra en invierno debido a la mayor altitud de su cuenca vertiente (Figura 30c).

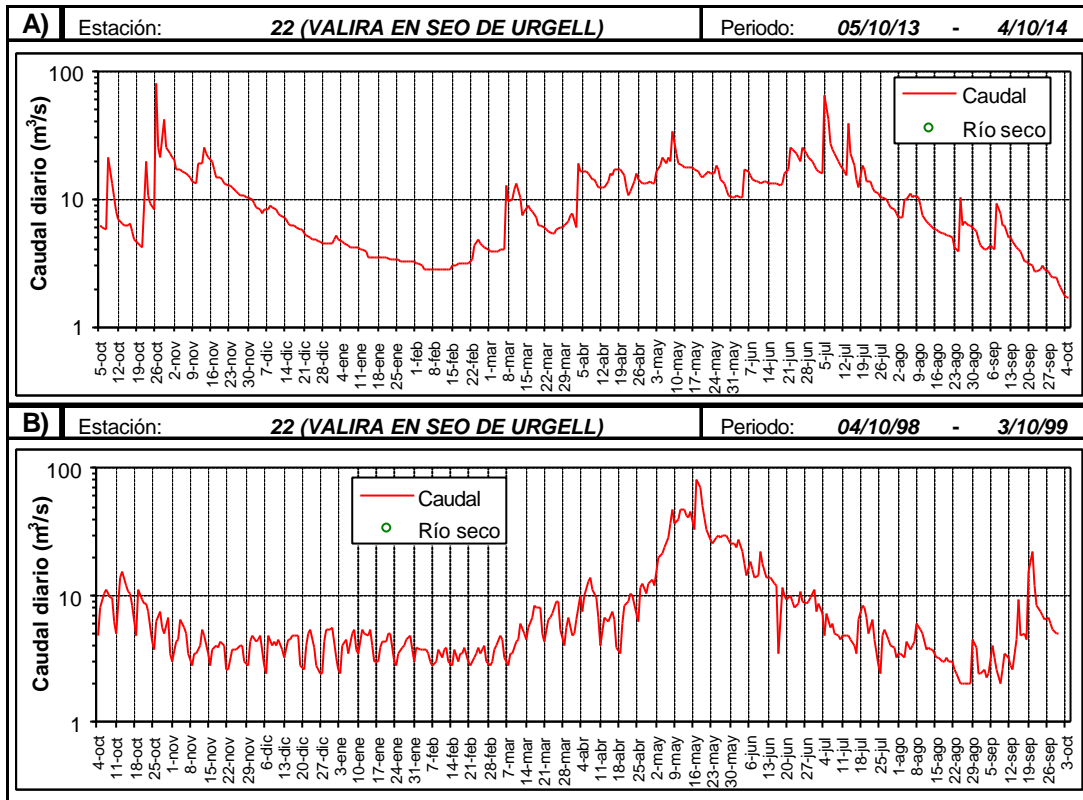




**Figura 30:** Hidrogramas medios mensuales característicos del régimen natural de la cuenca del Segre: a) estación 111 (Segre en Orgaña) en 45 años completos del periodo 1950/51-1998/99; b) 24 (Segre en Lérida) en 15 años completos anteriores a la construcción de los grandes embalses de la cuenca (1/1913-3/1956); c) estación 22 (Valira en Seo de Urgell) en 52 años completos del periodo 1913/14-1998/99; y d) estación 148 (Sellent en Coll de Nargó) en 30 años completos del periodo 1957/58-1997/98.

Existe régimen hidrológico claramente diferenciado con el anterior y que es propio de los ríos del tramo medio del Segre los representa el Sellent (Figura 30d). En esta cuenca el efecto de la retención nival no es importante y cabe destacar que el régimen ha de ser semejante al pluviométrico. El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y junio con el máximo en enero y el periodo de aguas bajas entre julio y septiembre con el mínimo en agosto.

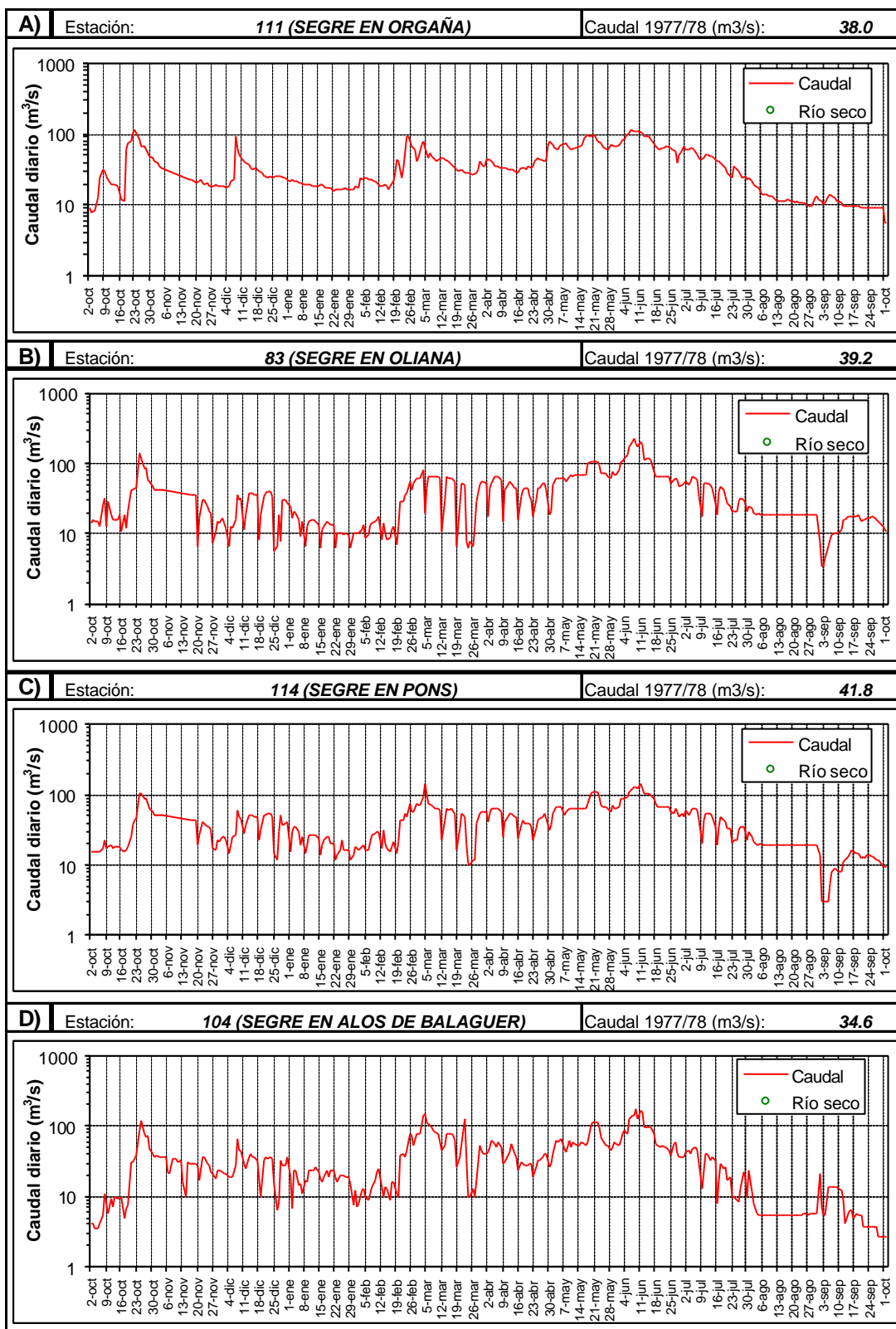
El régimen hidrológico diario se encuentra poco afectado en la cabecera del Segre hasta el embalse de Oliana. Únicamente el tramo bajo del río Valira presenta alguna señal de actividad hidroeléctrica que se presenta en el cauce a partir de las centrales de Santa Lucía y de Aserral (Figura 31a).



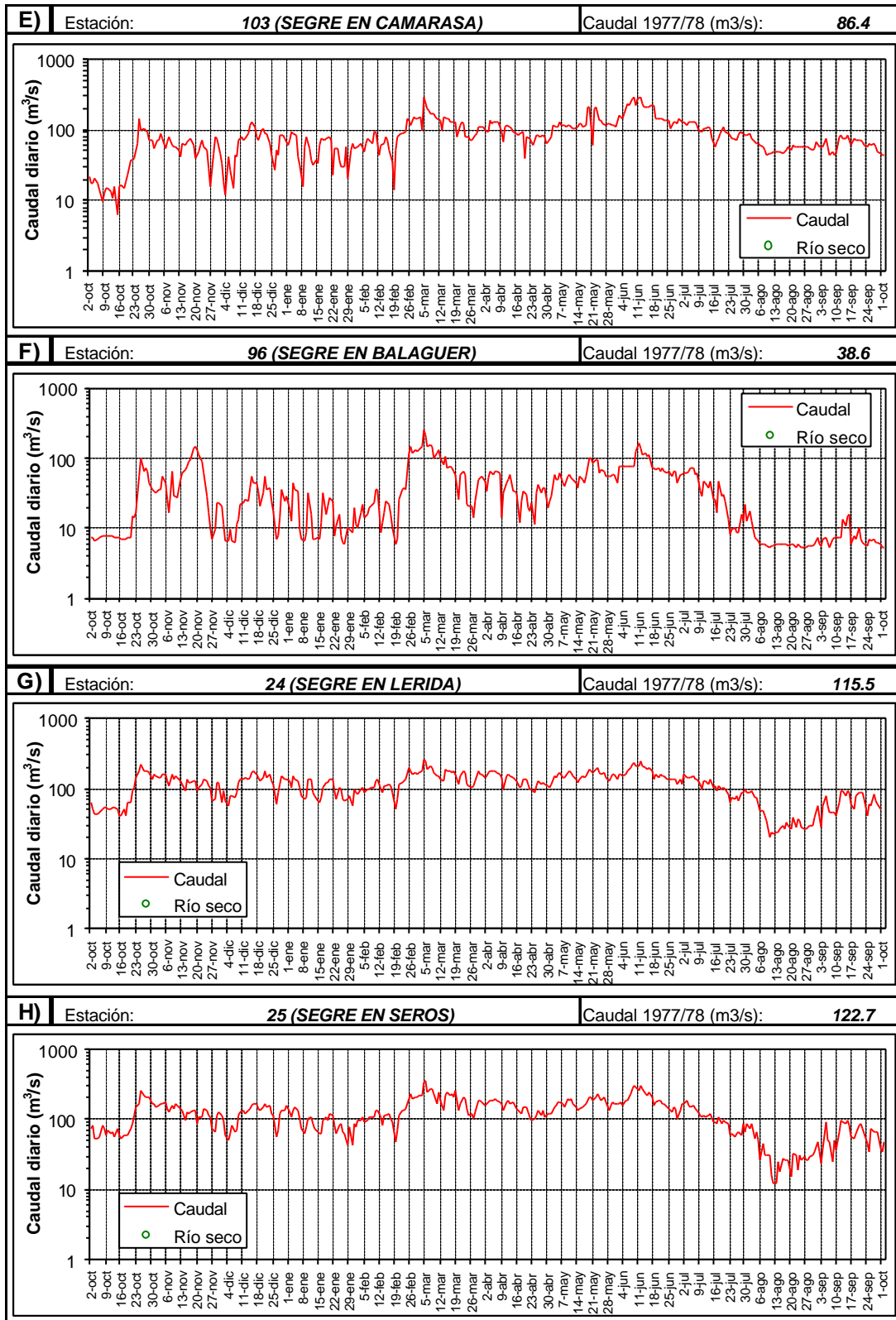
**Figura 31:** Efectos de la regulación hidroeléctrica en el río Valira. Hidrograma de la estación 22 (Valira en Seo de Urgell) antes (a) y después (b) de la construcción de las centrales hidroeléctricas de Santa Lucía y Aserral.

El régimen diario del Segre pierde sus características naturales a partir del embalse de Oliana hasta la desembocadura. Este embalse, junto con el recién construido de Rialp son seguidos por los canales de Urgell y el canal auxiliar de Urgell y las grandes centrales hidroeléctricas que se emplazan en este tramo del Segre alteran notablemente el régimen del río.

En la Figura 32 se muestra un recorrido a lo largo del cauce del Segre en las distintas estaciones de aforos en el año 1977/1978. El caudal en régimen natural queda representado por la estación de Orgañá (Figura 32a). El embalse de Oliana y el aprovechamiento hidroeléctrico asociado a su presa alteran el hidrograma manifestándose descensos de caudal los domingos de cada semana (Figura 32b). Este hidrograma se mantiene en Pons de forma semejante (Figura 32c). En Alos de Balaguer se ha producido la detracción de aguas hacia el canal de Urgell, hecho que reduce el caudal circulante (Figura 32d). En la estación de Camarasa se ha recibido la aportación del Noguera Pallaresa, que es un río regulado por actividad hidroeléctrica y que facilita la modulación para los riegos del canal auxiliar de Urgell. Por este motivo el mínimo estival no se presenta en Camarasa (Figura 32e). En la estación de Balaguer el caudal se reduce considerablemente (Figura 32f) debido a que el embalse de Balaguer, situado aguas arriba se deriva el agua hacia el canal auxiliar de Urgell y el canal de la central de Balaguer, con una capacidad máxima de 50  $m^3/s$ . Las estaciones de Lérida y Serós (Figuras 32g y h) recogen las aguas del Noguera Ribagorzana y, los retornos de los regadíos de Urgell y La Piñana.

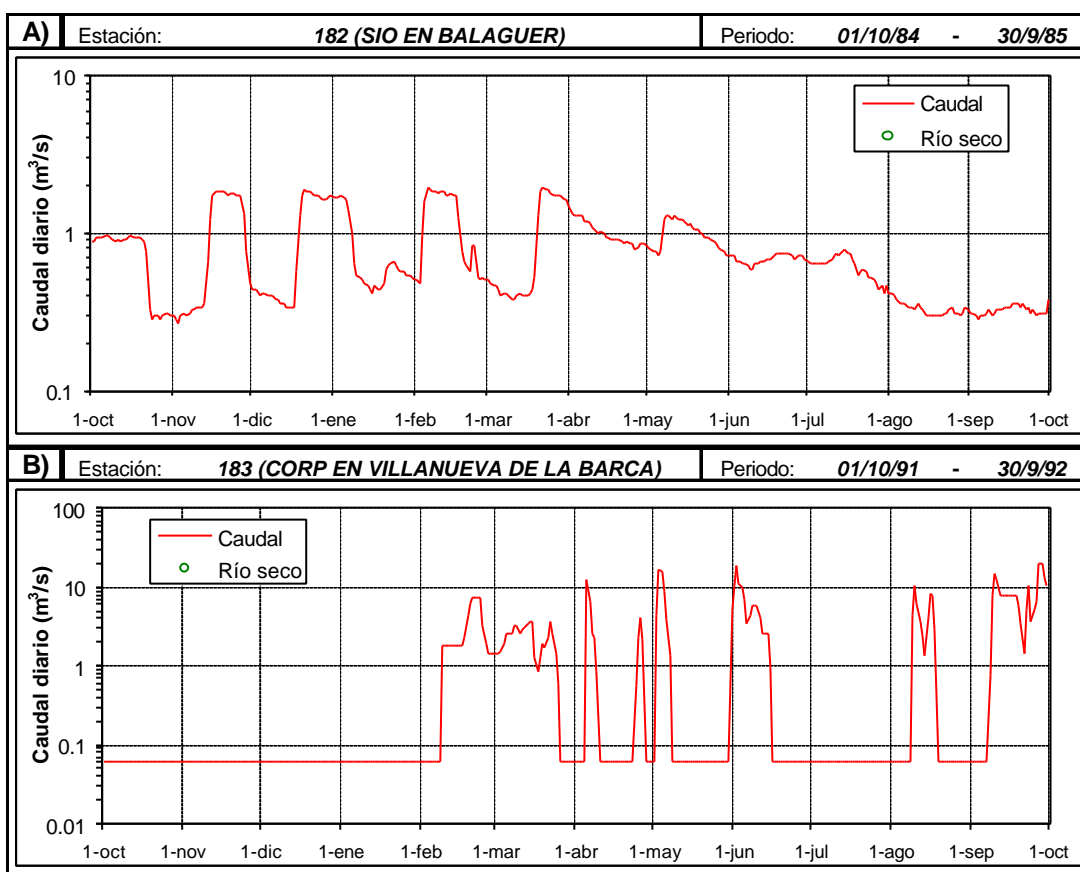


**Figura 32:** Alteración del régimen hidrológico en el cauce del Segre en el año 1977/1978: a) estación 111 (Segre en Orgañá); b) estación 83 (Segre en Oliana); c) estación 114 (Segre en Pons); d) estación 104 (Segre en Alós de Balaguer). Las líneas verticales corresponden a los domingos del año.



**Figura 32(cont):** Alteración del régimen hidrológico en el cauce del Segre en el año 1977/1978: e) estación 103 (Segre en Camarasa); f) estación 96 (Segre en Balaguer); g) estación 24 (Segre en Lérida); h) estación 25 (Segre en Seros). Las líneas verticales corresponden a los domingos del año.

El efecto de los canales de riego no sólo afecta al cauce en los que se produce la toma de agua, sino también a los cauces que atraviesa el canal. El canal de Urgell recorre el tramo medio de las cuencas de los ríos Sío y Corp y se producen vertidos a los cauces que provocan ascensos y descensos muy bruscos del caudal (Figura 33a) y caudales de base muy constantes, como es el caso del hidrograma del río Corp (Figura 33b).



**Figura 33:** Efectos de los vertidos del canal de Urgell en los hidrogramas de los ríos Sío (a) y Corp (b).

### 3.18. Cuenca del Ciurana

Esta cuenca drena hacia el Ebro un sector de la Cadena Costera Catalana. Ocupa una extensión de 613 km<sup>2</sup> íntegramente situados en la comunidad de Cataluña. Su nacimiento se produce en la vertiente sudoeste de la sierra de Montsant y discurre en dirección NE-SW hasta su desembocadura en el río Ebro en las proximidades de Mora de Ebro. El río presenta dos afluentes principales; el río Montsant en su margen derecha, y el río Asmat en su margen izquierda.

El recurso total en régimen natural generado en esta cuenca es 1,5 m<sup>3</sup>/s (48,2 hm<sup>3</sup>/año). La demanda a satisfacer es de 17 hm<sup>3</sup>/año que se destinan para el abastecimiento de 5.459 habitantes (0,47 hm<sup>3</sup>/año) y riego de 3.654 ha (16,53 hm<sup>3</sup>/año).

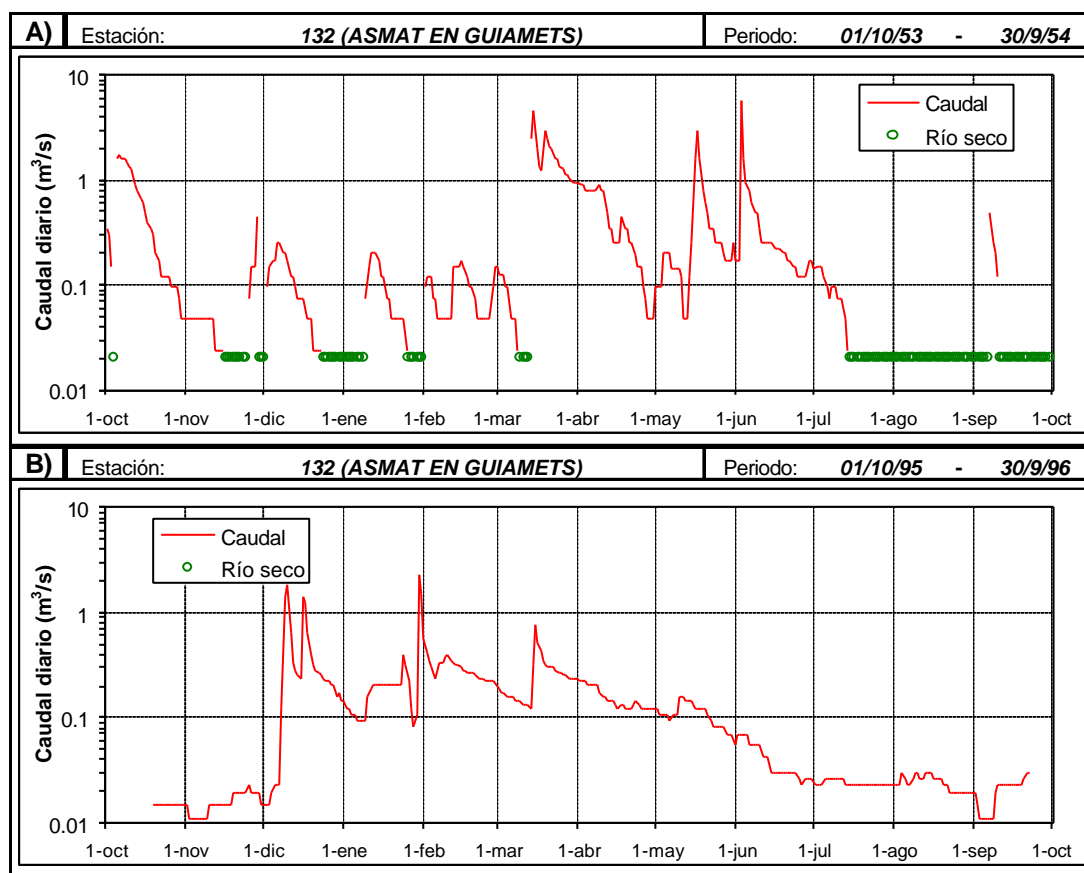
El principal uso de agua en cuanto a consumo de agua son los regadíos. En total se riegan 3654 ha. Existen dos embalses en la cuenca:

- 1) Embalse de Ciurana, construido en 1972 y con un volumen total de 12 hm<sup>3</sup>.
- 2) Embalse de Guiamets, construido sobre el río Asmat en 1972 y recrecido en 1983. Su capacidad total es de 9,7 hm<sup>3</sup>. Existen importantes filtraciones y actualmente se está proyectando la impermeabilización del vaso. Este embalse atiende 3.000 ha de regadío de la cuenca baja del Asmat.

Aguas abajo del embalse de Ciurana se encuentra el trasvase de Ciurana-Rudecañas, que se realiza para fines agrícolas y urbanos en la comarca de Reus. El volumen total trasvasado es algo menor de 10 hm<sup>3</sup>/año y obliga a respetar un caudal mínimo en el embalse de Ciurana de 200 l/s siempre y cuando éste caudal entre al embalse.

En general los regadíos de la cuenca del Ciurana son escasos y están regulados por su propia cuenca. Son frecuentes estiajes fuertes en el río, que dejan seco el cauce en grandes tramos con periodicidad anual.

Se desconoce el régimen hidrológico de la cuenca del Ciurana tanto en régimen natural como en real puesto que no hay ninguna serie histórica de caudales. Los dos embalses existentes en la cuenca suponen sin duda alguna una modificación importante del régimen hidrológico. En el caso del embalse de Guiamets se dispone de series de la estación 132 (Asmat en Guiamets) antes y después de la construcción del embalse. Antes de su construcción el río se encontraba seco con frecuencia (Figura 34a), sin embargo, con el embalse no se detectan días con caudal nulo (Figura 34b).



**Figura 34:** Modificación en el régimen fluvial del río Asmat tras la puesta en servicio del embalse de Guiamets.

### **3.19. Cuenca del Canaleta**

La del Canaleta es la más oriental de las cuencas de la margen derecha del Ebro. Está vertebrada por un único cauce principal que desde los puertos de Beceite-Tortosa describe un arco en el sentido de giro de las agujas del reloj hasta el Ebro. Su extensión es de tan solo 127 km<sup>2</sup>, totalmente incluidos en la provincia de Tarragona.

### **3.20. Cuenca del Matarraña**

La del Matarraña es una cuenca de características mediterráneas que se encuentra en la zona oriental de la margen derecha del Ebro, compartiendo territorio de las comunidades de Aragón, Cataluña y, en menor medida, Valencia. Ocupa una extensión de 1.738 km<sup>2</sup>.

Esta cuenca es la principal drenante de los Puertos de Beceite, sobre los que configura su cabecera, desde ellos se alarga hacia el Norte hasta descargar en el embalse de Ribarroja, ya en el Ebro. En su margen izquierda el río Matarraña recoge las aguas de los ríos Pena y Tastavins. En su margen derecha desembocan los ríos Ulldemo y Algas.

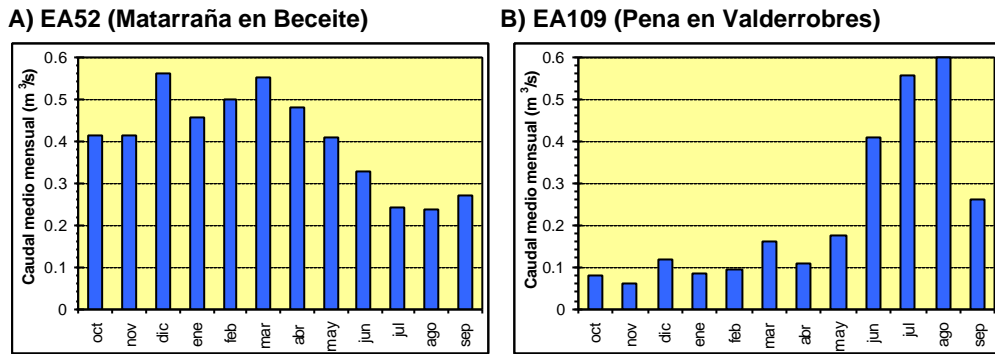
El recurso hídrico total generado en la cuenca del Matarraña es, según el PHE, 4,9 m<sup>3</sup>/s (156,6 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total a satisfacer es 56,9 hm<sup>3</sup>/año con la que se abastece a 16.697 habitantes (1,47 hm<sup>3</sup>/año) se riegan 5.701 ha (54,56 hm<sup>3</sup>/año) y 0,87 hm<sup>3</sup>/año para la industria.

Los principales usos de agua son de origen agrícola. La superficie total regada es de 5.701 ha, de las que 2000 son las denominadas de segundo turno. La principal infraestructura de almacenamiento de agua es el embalse de Pena, construido en 1930 y con un volumen total de 22 hm<sup>3</sup>. En la cerrada existen filtraciones que se han estimado entre 30 y 40 l/s

Entre las estructuras de transporte de agua destacan los trasvases del río Matarraña al embalse de Pena. El primero de ellos se puso en funcionamiento en 1984. La toma de aguas de este trasvase se realiza en el azud de Matarraña. Aguas abajo del azud existe una importante descarga subterránea al cauce del río. El segundo trasvase es operativo a partir de noviembre de 1998. El canal parte del río Matarraña aguas abajo de la confluencia del río Uldemó y destina sus aguas al embalse de Pena.

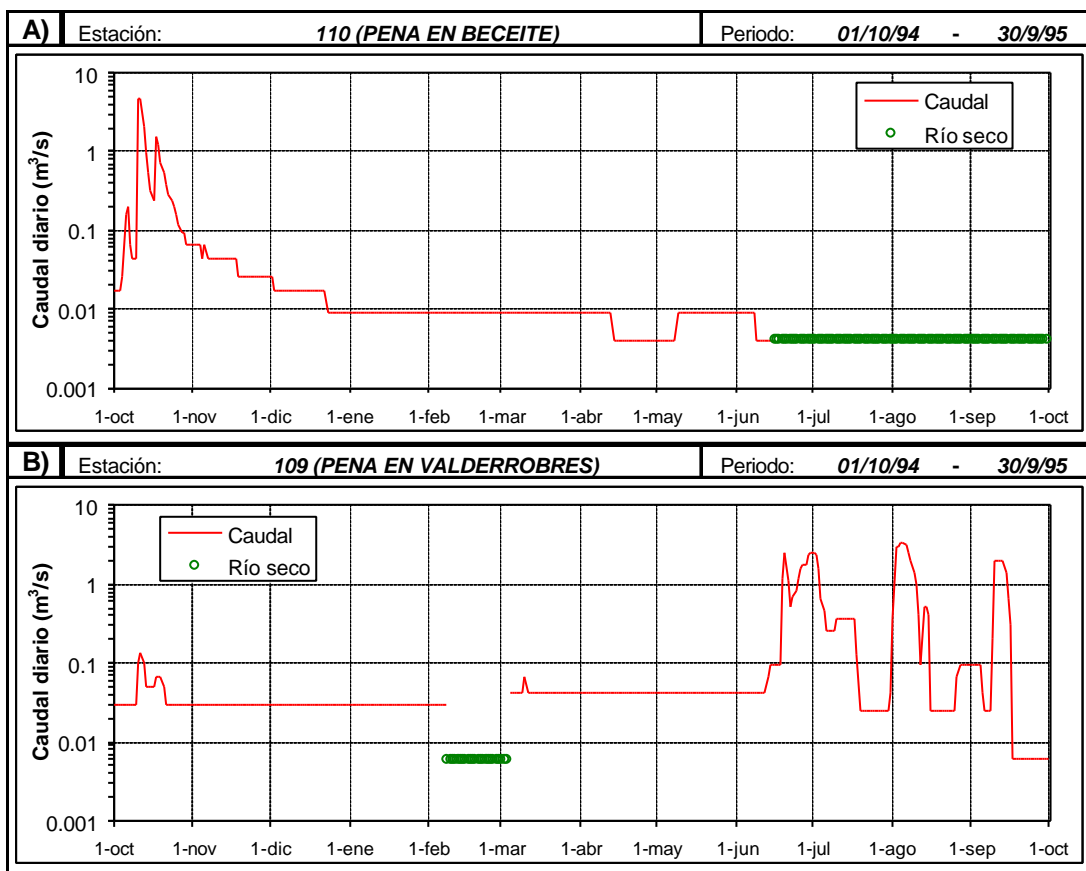
El resto de infraestructuras de transporte de la cuenca la constituyen los canales y acequias situadas en el tramo medio y bajo del río. Destacan las acequias de Huerta, Monfalla, Rabinad y Santa María de Maella. En general, se puede decir que los regadíos presentan bajas garantías de suministro. Es frecuente la utilización directa de aguas subterráneas, especialmente en los ríos Algas y Tastavins.

El hidrograma medio mensual del río Matarraña en condiciones no afectadas por las actividades humanas presenta un periodo de aguas altas entre octubre y mayo con dos máximos, uno de ellos se presenta en diciembre y el otro en marzo o abril. El periodo de aguas bajas se presenta entre junio y septiembre con el mínimo en agosto. Este hidrograma se registra en todos los ríos de la cuenca. En la Figura 35a se muestra, a modo de ejemplo el de la estación del río Matarraña en Beceite.



**Figura 35:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del Matarraña: a) estación 52 (Matarraña en Beceite) en 42 años hidrológicos del periodo 1947/48-1998/99; b) estación 109 (Pena en Valderrobres) en 29 años completos del periodo 1969/70-1998/99.

El hidrograma medio mensual se encuentra afectado aguas abajo del embalse de Pena por la regulación que se produce en este cauce para los riegos de verano. En la Figura 35b se presenta el hidrograma de la estación del río Pena en Valderrobres, situada inmediatamente aguas abajo de la presa y en la Figura 36 se muestra el efecto de la regulación del embalse de Pena antes y después de la presa.



**Figura 36:** Efectos de la regulación del embalse de Pena: a) antes del embalse (estación 110 del río Pena en Beceite); y b) después del embalse (estación 109 del río Pena en Valderrobres).



### 3.21. Cuenca del Guadalope

La del Guadalope es una de las grandes cuencas de la margen derecha del Ebro, con 3.866 km<sup>2</sup> repartidos entre las comunidades de Aragón y de Valencia. Su nacimiento se produce en el extremo sureste de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica, entre la Sierra de Sant Just y Monte Turmell. Desemboca al río Ebro en el embalse de Mequinenza, en las proximidades de Caspe. Sus principales afluentes son los ríos Fortanete, Bordón y Bergantes en su margen derecha, y el río Guadalopillo (386 km<sup>2</sup>) en su margen izquierda.

Los últimos kilómetros del Guadalope quedaron abandonados tras la construcción del embalse de Mequinenza. Allí queda un tramo entre diques que recoge los retornos de riego de la zona de Rimer y los vertidos del núcleo urbano.

En la cuenca del Guadalope se genera un recurso total de 9,9 m<sup>3</sup>/s (312,6 hm<sup>3</sup>/año). La demanda potencial es de 161 hm<sup>3</sup>/año que se destinan a abastecimiento de 56.868 habitantes (5,0 hm<sup>3</sup>/año), riego de 12.998 ha (131 hm<sup>3</sup>/año) y para una demanda industrial de 25,1 hm<sup>3</sup>/año.

Los principales usos de agua en la cuenca son de tipo agrícola. La regulación se realiza mediante cinco embalses:

- 1) Gallipué, construido en el cauce del Guadalopillo en 1927. Su capacidad total es de 4 hm<sup>3</sup>.
- 2) Santolea, construido en 1932 y recrecido en varias ocasiones. Se encuentra en el cauce del Guadalope y recoge aguas del río Bordón. Su capacidad total es de 54 hm<sup>3</sup>.
- 3) La Estanca de Alcañiz, construida en 1944 y con una capacidad total de 10 hm<sup>3</sup>.
- 4) Calanda, construido en 1982. Se encuentra en el cauce del Guadalope y recoge aguas de su principal afluente, el río Bergantes. Su capacidad total es de 54 hm<sup>3</sup>.
- 5) Caspe, construido en 1989 y con una capacidad total de 82 hm<sup>3</sup>.

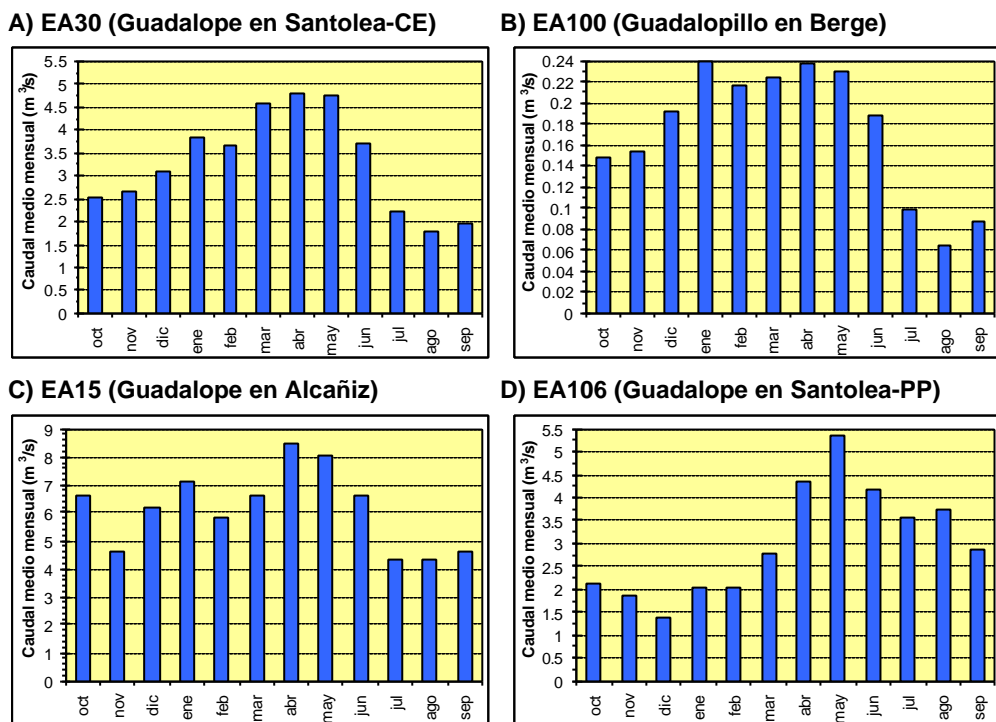
El embalse de Aliaga es un pequeño embalse de la cabecera del Guadalope construido en 1947 y con 0,9 hm<sup>3</sup>. Desde hace 20 años este embalse no está operativo.

La principal infraestructura de transporte de agua es el Canal de Calanda-Alcañiz, actualmente en construcción, que regará una superficie de 5000 ha. El Canal Alimentador de la Estanca de Alcañiz trasvasa aguas del Guadalope a la Estanca para desde allí suministrar a los regadíos de Valmuel, en la vecina cuenca del río Regallo (2350 ha). El Canal de Caspe y la acequia de Civán son otras infraestructuras de importancia.

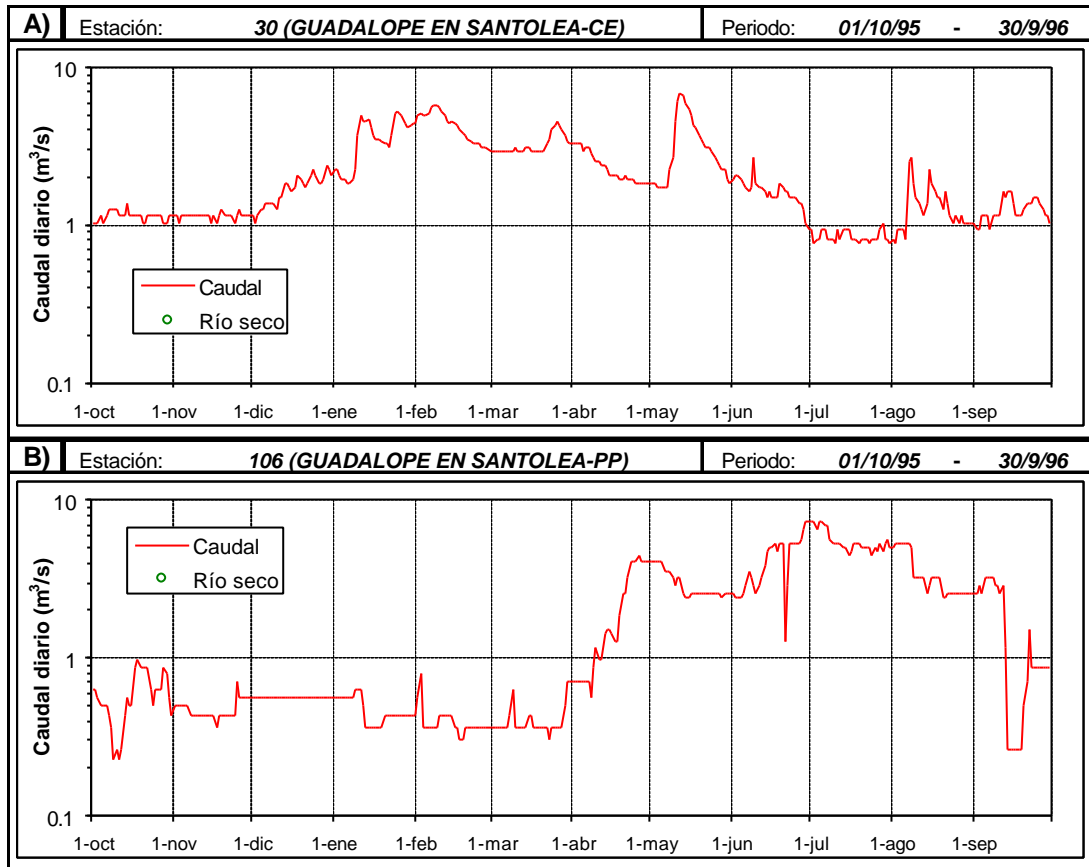
Existen siete centrales hidroeléctricas de poca importancia en el cauce del Guadalope y una en el río Fortanete. También existen caudales mínimos asociados a la presa de Santolea (400 l/s), Calanda (entre 200 y 400 l/s) y Caspe (250 l/s). En el río Fortanete se encuentra la única piscifactoría de la cuenca con un caudal de 0,5 m<sup>3</sup>/s.

El régimen mensual de la cabecera del Guadalope presenta un periodo de aguas altas de enero a junio con el máximo en abril y el periodo de aguas bajas de julio a septiembre con el mínimo en septiembre (Figura 37a). En los ríos del tramo medio de la cuenca (P.ej.: el Guadalopillo) el periodo de aguas altas es un poco más amplio, entre diciembre y junio, y el mes con el máximo caudal medio mensual no se encuentra claramente definido (Figura 37b). El río Guadalope en Alcañiz antes de la construcción del embalse de Calanda presenta un hidrograma medio mensual (Figura 37c) con una combinación de los dos hidrogramas tipo anteriores. Finalmente, destacan las importantes modificaciones del régimen del río en las condiciones

actuales debido a los embalses y canales de riego. A modo de ejemplo se presenta en la Figura 37d el hidrograma medio mensual obtenido aguas abajo de la presa de Santolea y en el que se detecta la inversión del hidrograma medio mensual para los regadíos de aguas abajo.

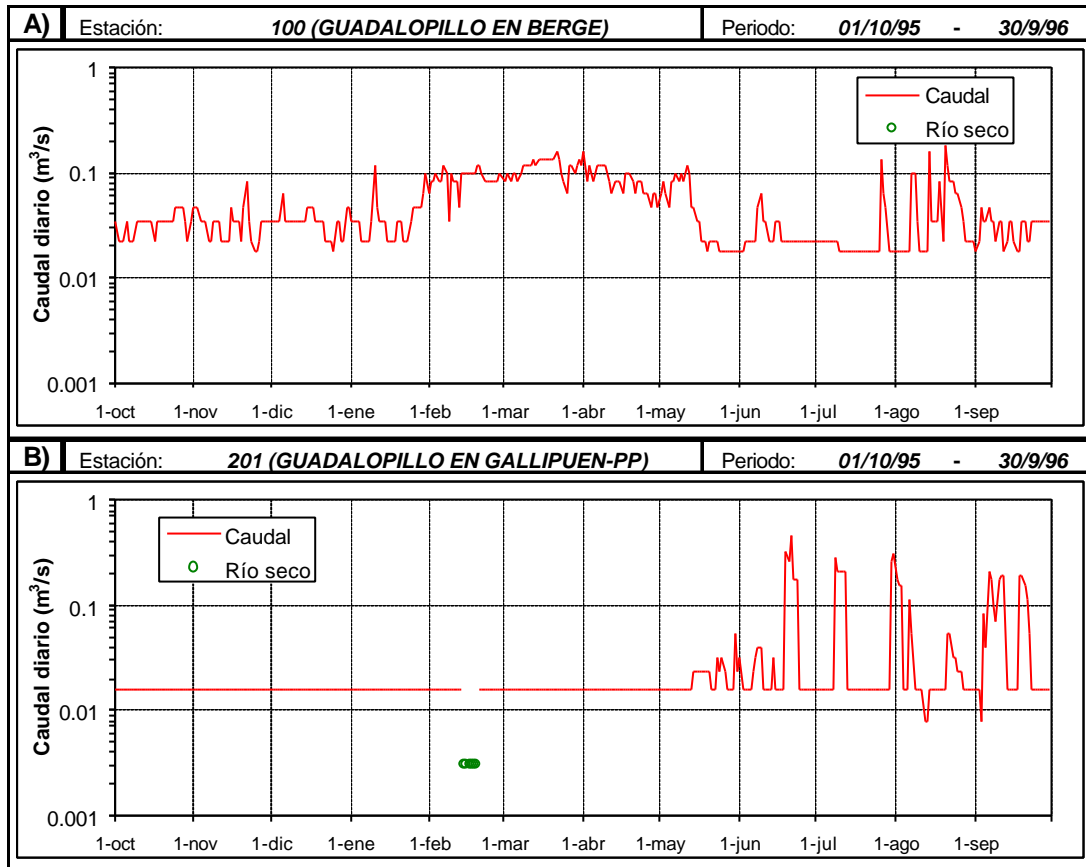


**Figura 37:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del Guadabge: a) estación 30 (Guadalope en Santolea) en 39 años completos del periodo 1951/52-1998/99; b) estación 100 (Guadalopillo en Berge) en 37 años completos del periodo 1959/60-1996/97; c) estación 15 (Guadalope en Alcañiz) antes de la construcción del embalse de Calanda (periodo 1/1913-12/1981); d) estación 106 (Guadalope en Santolea-PP) en 47 años completos del periodo 1948/49-1997/98.



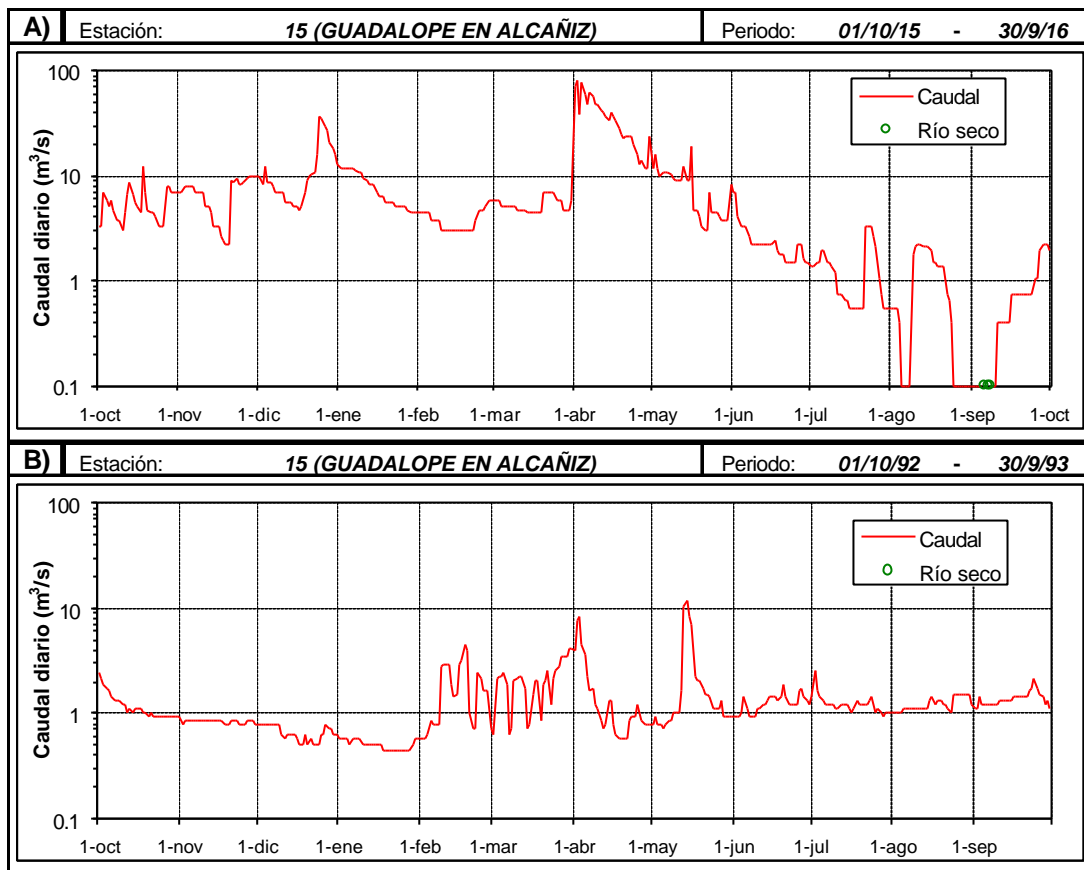
**Figura 38:** Efectos de la regulación del embalse de Santolea: a) aguas arriba del embalse (estación 30 del río Guadalope en Santolea CE); y b) aguas abajo del embalse (estación 106 del río Guadalope en Santolea PP).

Los numerosos embalses construidos en la cuenca del Guadalope tienen un destacado efecto en el régimen hidrológico diario de los cauces. A modo de ejemplo, en las Figuras 38 y 39 se muestra la alteración de los hidrogramas diarios provocada por los embalses de Santolea en el río Guadalope y Gallipúen en el río Guadaloillo.



**Figura 39:** Efectos de la regulación del embalse de Gallipuen: a) aguas arriba del embalse (estación 100 del río Guadalopillo en Berge); y b) aguas abajo del embalse (estación 201 del río Guadalopillo en Gallipuen-PP).

Los principales embalses de la cuenca del Guadalope se han construido desde 1927 con el embalse de Gallipuen, hasta 1989, con la construcción del embalse de Caspe. La estación de aforos del río Guadalope en Alcañiz aporta información del régimen anterior a la regulación del río. En la Figura 40a se presenta el hidrograma del año hidrológico 1915/16 en el que se identifican agotamientos del río que resultan coherentes con un régimen no afectado. No resultaba infrecuente que en estas circunstancias el río se secase. En el hidrograma del año 1995/96 (Figura 40b) la situación es claramente distinta. El caudal circulante es mucho menor aunque el río tan sólo se seca en escasas ocasiones. El régimen responde únicamente a las grandes lluvias o a periodos invernales muy húmedos en los que los embalses se encuentran llenos.



**Figura 40:** Efectos de la regulación del río Guadalope en la estación 15 de Alcañiz antes (a) y después (b) de la construcción de los principales embalses de la cuenca.

### 3.22. Cuenca del Regallo

La pequeña cuenca del Regallo, con una superficie de 394 km<sup>2</sup>, se encuentra en el valle del Ebro entre las cuencas principales del Guadalope al Este y del Martín al Oeste. Sus características naturales están difuminadas por la actividad agrícola (Valmuel) y el requerido trasvase de aguas desde el Guadalope para llevarlas a cabo. También está influenciada por los vertidos de la zona industrial de Andorra (Teruel).

El recurso total de la cuenca en régimen natural, según datos del PHE, es 0,6 m<sup>3</sup>/s (19,26 hm<sup>3</sup>/año) y la principal demanda de agua son los regadíos de Valmuel, de 2.350 ha que son atendidos con 23,66 hm<sup>3</sup>/año del Guadalope. No se dispone de información para evaluar el régimen hidrológico de este cauce.

### 3.23. Cuenca del Martín

La cuenca del Martín, con una extensión de 2.092 km<sup>2</sup>, incluyendo la zona endorreica de La Hoya del Castillo en el Norte, se encuentra en la margen derecha del Ebro dentro de territorio aragonés, ocupando parte de las provincias de Teruel y un poco de Zaragoza. Su cabecera se encuentra en la más tradicional zona minera del carbón turolense (Utrillas, Escucha, Montalbán), desde allí se dirige hacia el Norte adentrándose en el valle del Ebro para regar las vegas de Albalate del Arzobispo e Híjar (Teruel) y Escatrón (Zaragoza). Su principal afluente se encuentra en la margen derecha y es el río Escuriza.

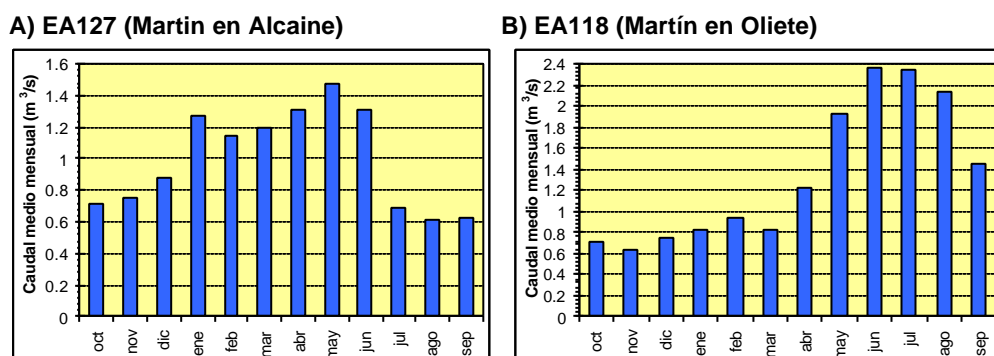
El recurso hídrico total en régimen natural según el PHE es 2,9 m<sup>3</sup>/s (97,7 hm<sup>3</sup>/año). La demanda a satisfacer es 55,5 hm<sup>3</sup>/año, con la que se abastece a 19.568 habitantes (1,8 hm<sup>3</sup>/año), se riegan 6.425 ha (52,8 hm<sup>3</sup>/año) y se atienden 0,83 hm<sup>3</sup>/año de demanda industrial.

Los principales usos de agua son para regadíos. Se riega con numerosas acequias situadas en el tramo medio y bajo del río (Oliete, Albalate, Híjar, Urrea, Jatiel, Castelnou, Samper). Las principales obras de almacenamiento de agua son:

- 1) Embalse de Cueva Foradada, construido en 1926 con 29 hm<sup>3</sup>.
- 2) Embalse de Escuriza o Híjar, construido en 1890 con 6 hm<sup>3</sup>. Actualmente se encuentra muy soterrado.
- 3) Embalse de Val Imaña. Situado en dicho Val que es un afluente de la margen derecha del río Martín en las proximidades de su desembocadura. El embalse es de escasa capacidad.

Aguas arriba de Albalate del Arzobispo se encuentra la única central hidroeléctrica en funcionamiento, la de Rivera I con 4,3 m<sup>3</sup>/s.

El hidrograma medio mensual de la cabecera del Martín presenta un periodo de aguas altas entre enero y junio con el máximo en mayo. El mes con menos caudal medio mensual es agosto y septiembre (Figura 41a). La regulación producida en el embalse de Cueva Foradada modifica de forma destacada el hidrograma medio mensual, como puede verse en la Figura 41b.



**Figura 41:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del Martín: a) estación 127 (Martín en Alcaine) en 31 años completos del periodo 1963/64-1996/97; b) estación 118 (Martín en Oliete) en 47 años completos del periodo 1947/48-1996/97.

### 3.24. Cuenca del Aguasvivas

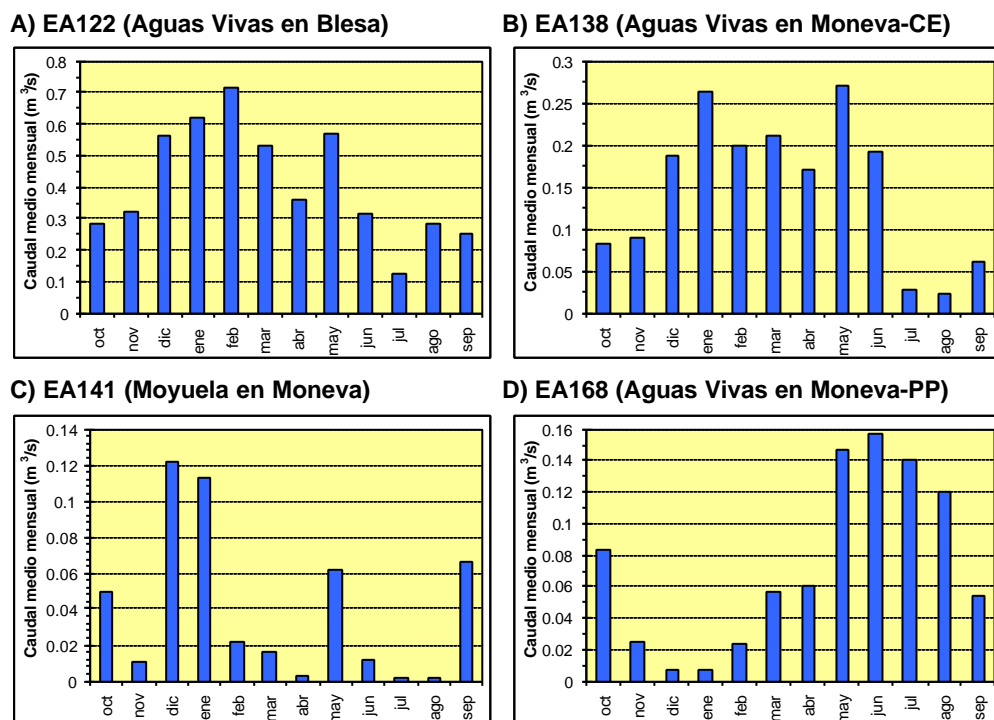
A caballo del límite provincial entre Teruel y Zaragoza se encuentra la cuenca del Aguasvivas, que ocupa una extensión de 1.311 km<sup>2</sup>. Su cabecera se encuentra en la Rama Aragonesa de la Cadena Ibérica compartiendo divisoria de aguas con los ríos Huerva y Martín y desde allí se orienta hacia el Noreste hasta el Ebro donde desemboca en las proximidades de La Zaida. Sus principales afluentes son los ríos Moyuela y el río Cámaras, ambos en la margen derecha.

El recurso total en régimen natural se evalúa en el PHE en 1,5 m<sup>3</sup>/s (46,2 hm<sup>3</sup>/año) para atender a una demanda total de 36,0 hm<sup>3</sup>/año. Con esta demanda se abastece a 6.252 habitantes (0,58 hm<sup>3</sup>/año), se riegan 4.030 ha (35,1 hm<sup>3</sup>/año) y se atienden a 0,3 hm<sup>3</sup>/año de demanda industrial.

El principal uso de agua es de tipo agrícola que se distribuye mediante numerosas acequias entre las que destacan las acequias de Belchite, Letux y Vinaceite. El agua viene regulada por dos embalses:

1) Embalse de Moneva, construido en 1929 con un volumen total de 8 hm<sup>3</sup>. Las pérdidas del río Aguas Vivas aguas arriba del embalse motivó que se derivara el agua del río en Blesa a través de un canal alimentador. Este canal se construyó en 1971 y ha sufrido algunas modificaciones a lo largo de su historia. Es probable que en el embalse existan pérdidas de agua importantes hacia la unidad de Oliete, de hecho, el vaso únicamente se ha llenado en dos ocasiones.

2) Embalse de Almochuel, construido en 1914 y con una capacidad total de 1 hm<sup>3</sup>. Entre Belchite y Vinaceite se encuentra la toma de agua en el cauce del Aguas Vivas de un canal alimentador que desemboca a este embalse.



**Figura 42:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del río Aguas Vivas: a) estación 122 (Aguas Vivas en Blesa) en los 18 años completos anteriores a la construcción del canal alimentador (10/1952-1/1971); b) estación 138 (Aguas Vivas en Moneva-CE) en 34 años completos del periodo 1951/52-1991/92; c) estación 141 (Moyuela en Moneva) en 14 años completos del periodo 1951/52-1970/71; y d) estación 168 (Aguas Vivas en Moneva-PP) en 24 años hidrológicos durante el periodo 1972/73-1996/97.

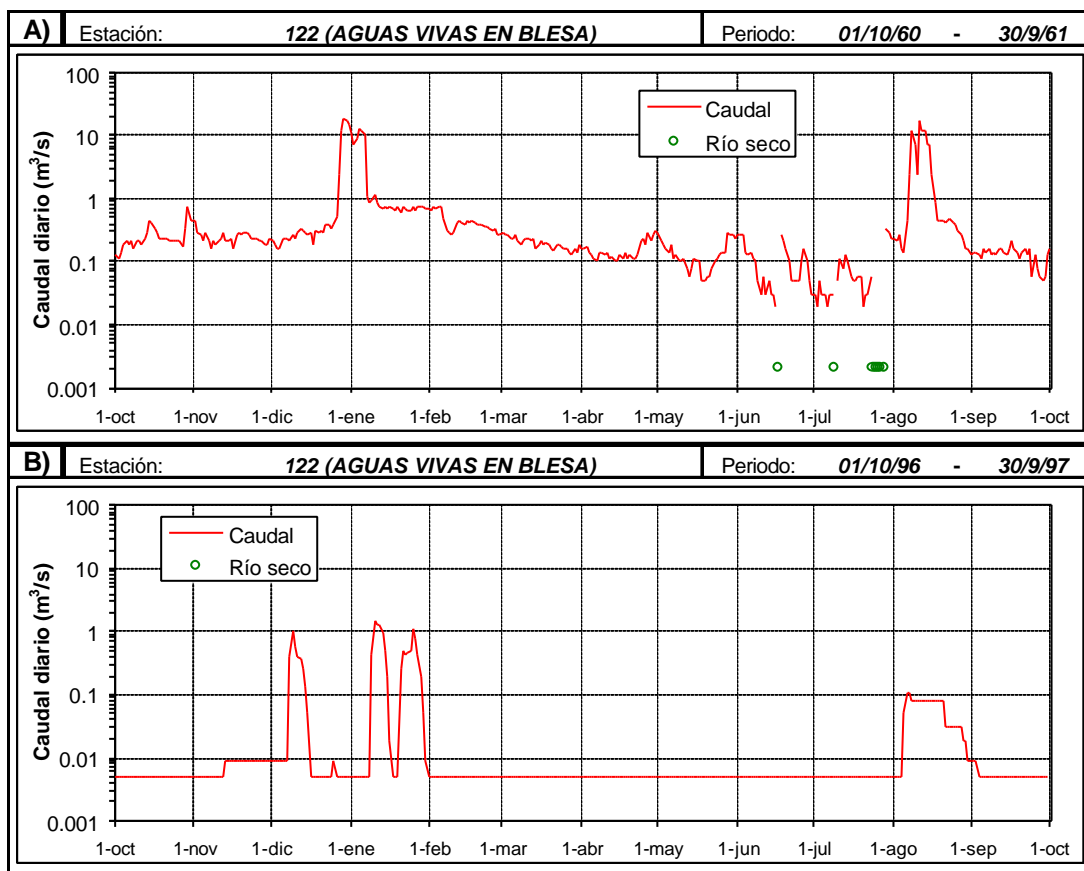
En general, únicamente los regadíos que están regulados por la descarga subterránea presentan elevadas garantías de suministro.

El régimen hidrológico mensual viene representado por los ríos de cabecera de la cuenca. El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y junio con dos máximos, uno en invierno (entre diciembre y febrero) y otro en primavera (mayo). El periodo de aguas bajas se presenta entre julio y septiembre. En las Figuras 42a, b y c se muestran los hidrogramas tipo de la cabecera del Martín.

El río Moyuela tiene un régimen muy poco regulado puesto que el río pierde agua hacia el acuífero Jurásico y Cretácico de la Cubeta de Oliete. Esta infiltración provoca que en la estación de aforos del río Moyuela en Moneva (Figura 42c) únicamente se detecten los episodios con lluvias más importantes. Esta infiltración tiene lugar también un amplio recorrido del río Aguas Vivas arriba de la presa de Moneva provocando que el caudal registrado en la estación de cola del embalse presenta en numerosos días el cauce seco.

La regulación del embalse de Moneva para regadío modifica el régimen aguas abajo de la presa. En la Figura 42d se muestra el hidrograma del régimen en este tramo. El régimen presenta sus máximos en época estival para atender a los regadíos de la zona.

La construcción del canal alimentador ha alterado el cauce del río Aguas Vivas entre las localidades de Blesa y Moneva. El caudal medio de la estación de Blesa antes de la construcción del canal es  $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$  (18 años completos de medidas), mientras que después de su puesta en funcionamiento circulan  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$  (26 años completos). En la figura 43 se muestra la modificación en el hidrograma diario después de la construcción del canal alimentador.



**Figura 43:** Régimen diario en la estación 122 (Aguas Vivas en Blesa antes (a) y después (b) de la construcción del canal alimentador al embalse de Moneva.



### 3.25. Cuenca del Ginel

La pequeña cuenca del Ginel, con una extensión de tan solo 77 km<sup>2</sup>, se encuentra en plena zona central de la margen derecha de la cuenca del Ebro. En su interior se ha catalogado un humedal (La Salada) de importancia internacional.

El manantial de Mediana constituye el nacimiento del río Ginel. Desde 1978 hasta 1997 se han tomado 59 medidas de caudal (Figura 44) con un caudal medio de 137 l/s.

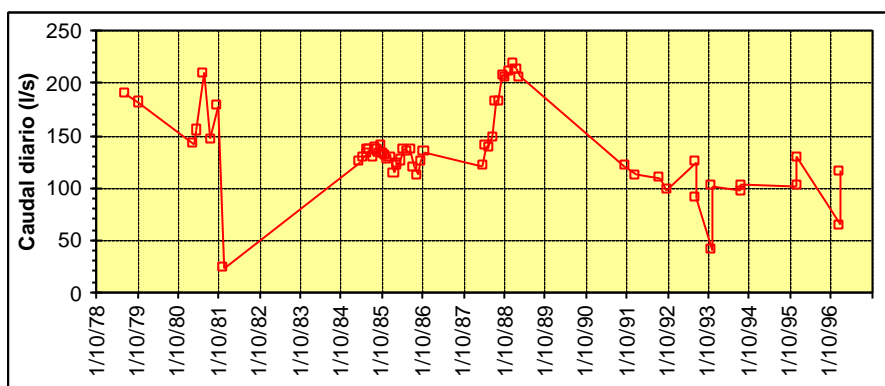


Figura 44: Caudal diario del Manantial de Mediana.

### 3.26. Cuenca del Huerva

La cuenca del río Huerva, estrecha y alargada, ocupa una extensión de 1.062 km<sup>2</sup>. Sitúa su cabecera en el corazón de la Rama Aragonesa de la Cadena Ibérica y, desde allí, se dirige hacia el Ebro al que entrega su escaso caudal en Zaragoza. No presenta afluentes de importancia.

El recurso hídrico generado en la cuenca en régimen no afectado según el PHE es 1,5 m<sup>3</sup>/s (46,8 hm<sup>3</sup>/año). La demanda a servir en toda la cuenca es 24,8 hm<sup>3</sup>/año que se destina a abastecimiento de 5.621 habitantes (0,5 hm<sup>3</sup>/año), riego de 2.832 ha (23,72 hm<sup>3</sup>/año) y 0,53 hm<sup>3</sup>/año para demanda industrial.

Los principales usos de agua son de origen agrícola. Las principales infraestructuras de transporte son las acequias de Miralbueno, Cadrete, Alta de Botorrita,... Existe algún campo de pozos en el tramo medio y bajo del Huerva. Existen dos embalses principales:

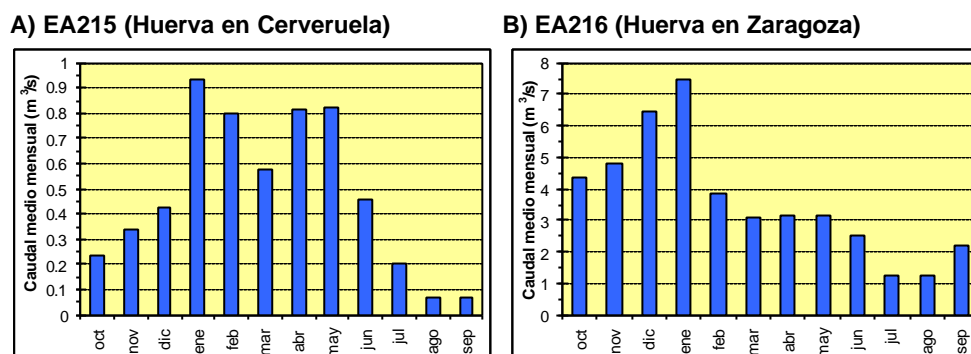
1) Embalse de Las Torcas, construido en 1946 con un volumen total de 9 hm<sup>3</sup> y un volumen útil de 7 hm<sup>3</sup>.

2) Embalse de Mezalocha, construido en 1906 con una capacidad total de 4 hm<sup>3</sup>.

Entre otros usos de agua destaca el caudal mínimo del embalse de Las Torcas, establecido en 50 l/s. No existen aprovechamientos hidroeléctricos. En las proximidades de Zaragoza el río sufre un importante aporte de agua por parte del Canal Imperial de Aragón.

El río Huerva presenta su periodo de aguas altas entre enero y junio con dos máximos, uno invernal en enero y otro primaveral en abril o mayo (Figura 45a). Este hidrograma se presenta desde la cabecera del río Huerva hasta aguas abajo del embalse de Mezalocha. El aporte de aguas del Canal Imperial en el tramo final del río supone una alteración del hidrograma

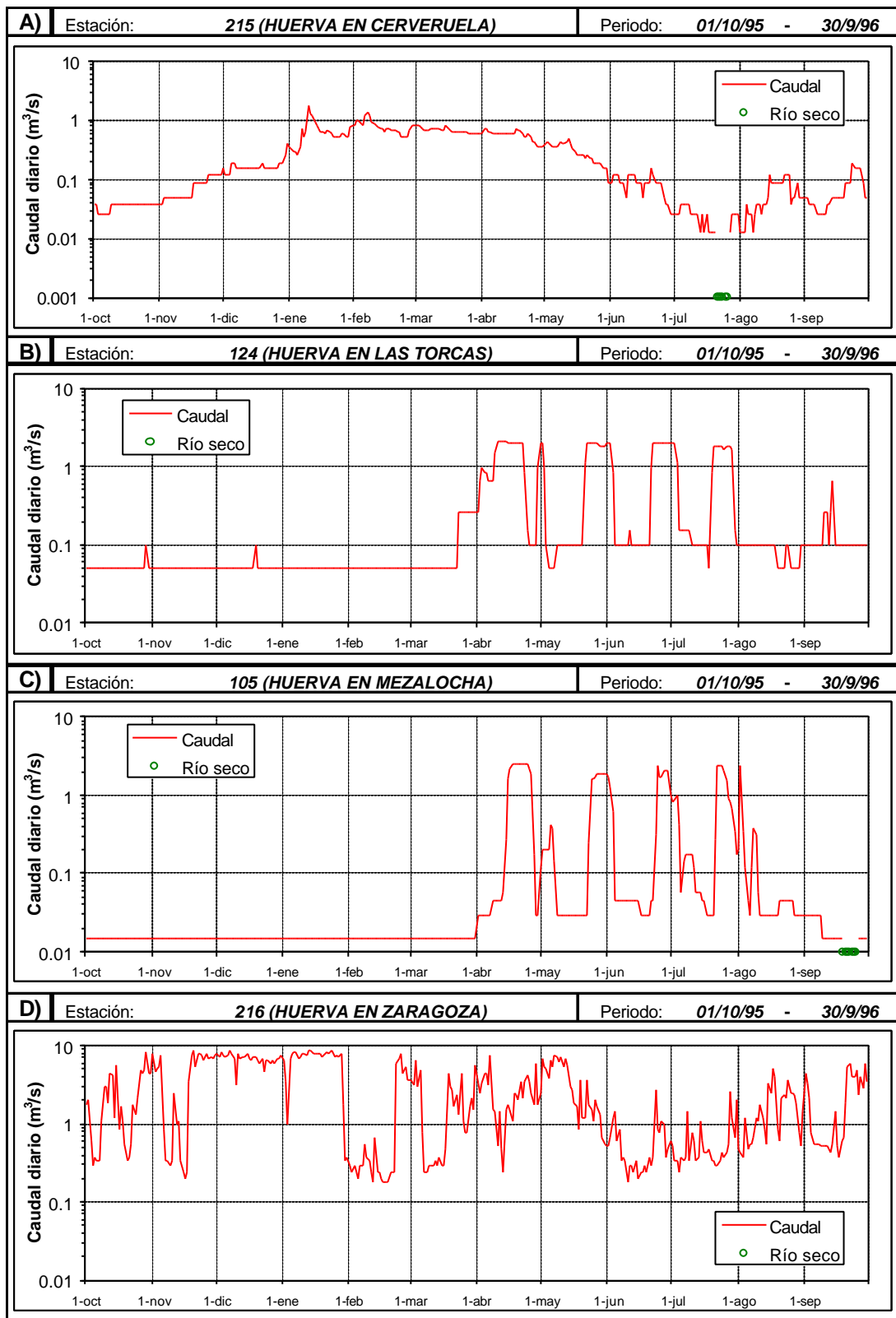
mensual (Figura 45b) así como un caudal medio notablemente mayor que el que se esperaría en condiciones naturales.



**Figura 45:** Hidrogramas medios mensuales del río Huerva: a) estación 215 (Huerva en Cerveruela) en 11 años completos del periodo 1981/82-1996/97; b) estación 216 (Huerva en Zaragoza) en 20 años completos del periodo 1976/77-1996/97.

El régimen hidrológico diario se encuentra afectado desde el embalse de las Torcas hasta Zaragoza. La regulación de los embalses y las detracciones hacia acequias laterales modifican el hidrograma manteniendo caudales muy reducidos y constantes durante el año exceptuando los periodos de desembalse (Figura 46b y c).

En la entrada del río en Zaragoza, el Canal Imperial de Aragón vierte aguas al río con el doble objetivo de eliminar sobrantes del canal y sanear el cauce. El régimen hidrológico queda de nuevo alterado. El caudal medio en este tramo es mucho mayor que aguas arriba y la modulación mensual es función de la propia explotación del canal.



**Figura 46:** Hidrograma diario del año hidrológico 1995/96 en las estaciones de aforos del cauce del río Huerva: a) estación 215 (Huerva en Cerveruela); b) estación 124 (Huerva en Las Torcas) afectada por el embalse de las Torcas; c) estación 105 (Huerva en Mezalocha) afectada por el embalse de Mezalocha; y d) estación 216 (Huerva en Zaragoza) afectada por el vertido del Canal Imperial de Aragón.

### **3.27. Cuenca del Jalón**

La del Jalón es la mayor cuenca de las de la margen derecha del Ebro. Ocupa una extensión de 9.647 km<sup>2</sup>, de los que 2.576 corresponden a su principal subcuenca, la del Jiloca, y 1.545 a la del Piedra. Mayoritariamente ocupa territorio aragonés, aunque su cabecera también se extiende por Castilla – León (provincia de Soria) y Castilla – La Mancha (Guadalajara). En su interior, entre los valles del Piedra y del Jiloca, se encuentra la zona endorreica de Gallocanta, cuya superficie no ha sido incluida en las cifras ofrecidas.

Los afluentes de la margen izquierda del río Jalón son los ríos: Nájima, Deza o Henar, Manubles y el río Aranda. En la margen derecha desembocan los ríos: Blanco, Piedra, Jiloca, Perejiles, Grío y Alpartir o Mediano.

El río Piedra tiene dos afluentes principales, el Mesa en su margen izquierda y el Ortiz en su margen derecha. Estos afluentes desembocan en el Piedra entre Nuévalos y Carenas, donde se construyó el embalse de la Tranquera.

El río Jiloca tiene un afluente principal por la derecha, el río Pancrudo, que aporta sus aguas entre Calamocho y Luco de Jiloca.

El recurso total en régimen natural se evalúa en 17,4 m<sup>3</sup>/s (551,3 hm<sup>3</sup>/año) y la demanda total 342 hm<sup>3</sup>/año. Esta demanda se destina a abastecimiento de 109.647 habitantes (9,8 hm<sup>3</sup>/año), riego de 43.574 ha (325 hm<sup>3</sup>/año) y 7,77 hm<sup>3</sup>/año para la industria.

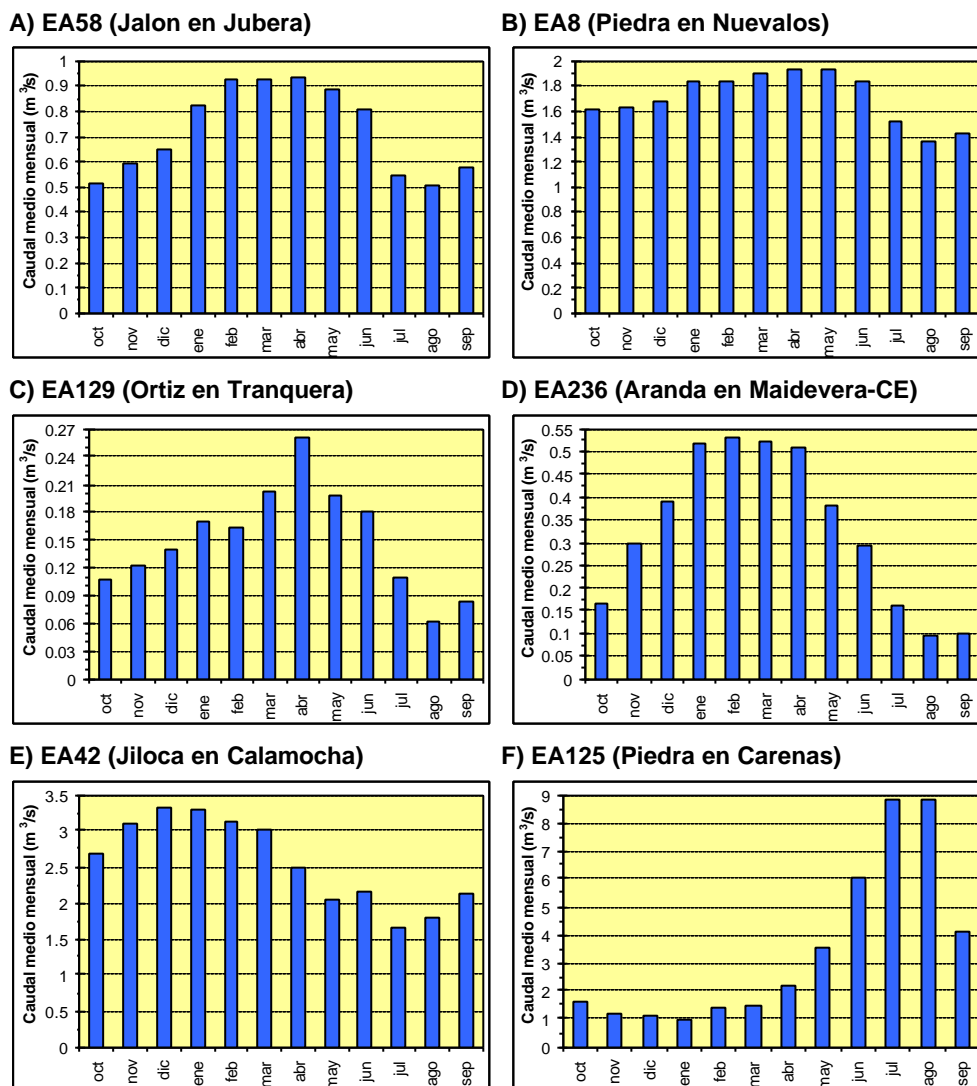
Los embalses actualmente en funcionamiento en la cuenca son:

- a) Embalse de Monteagudo de las Vicarías, construido en 1982, con 9,7 hm<sup>3</sup>.
- b) Embalse de la Tranquera, que entró en servicio a partir de 1962 con una capacidad de 84 hm<sup>3</sup>.
- c) Embalse de Maidevera, construido en 1981 con 18 hm<sup>3</sup>. Regula las aguas del río Aranda para atender a la zona regable de este río con tomas en el mismo cauce.

Además existen numerosas acequias a lo largo del río. En general se trata de acequias de gran capacidad para aprovechar las puntas provocadas por las tormentas.

Existen 16 centrales hidroeléctricas. Las más importantes están en el tramo entre Calatayud y Morata del Jalón. Destacan la central de Huérmeda (15 m<sup>3</sup>/s) y la de Embid de la Ribera (20 hm<sup>3</sup>). También se han censado cinco piscifactorías en funcionamiento.

El régimen medio mensual en estado no afectado de las aguas del río Jalón presenta un periodo de aguas altas desde enero hasta junio y un periodo de aguas bajas que comprende el resto del año con el mínimo absoluto en agosto (Figura 47a). En los ríos Piedra y Mesa destaca la elevada regulación natural de sus cuencas, lo que provoca que los hidrogramas presenten muy poca oscilación de los caudales medios mensuales (Figura 47b). En estas cabeceras el mes en el que se presenta el máximo anual no está claramente diferenciado.



**Figura 47:** Hidrogramas medios mensuales característicos del río Jalón: a) estación 58 (Jalón en Jubera) en 45 años completos del periodo 1951/52-1996/97; b) estación 8 (Piedra en Nuévalos) en 48 años completos del periodo 1913/14-1997/98; c) estación 129 (Ortiz en Tranquera) en 22 años completos del periodo 1972/73-1996/97; d) estación 236 (Aranda en Maidevera-CE) en 19 años completos del periodo 1985/86-1998/99; e) estación 42 (Jiloca en Calamocho) en 37 años completos del periodo 1951/52-1996/97; y f) estación 125 (Piedra en Carenas) en 35 años completos después de la construcción del embalse de la Tranquera (10/1961-9/1997).

En las cuencas de cabecera en las que la componente subterránea no es muy destacada, por ejemplo la del río Ortiz (Figura 47c), el régimen responde de forma más directa a las precipitaciones. El máximo se presenta claramente diferenciado en abril.

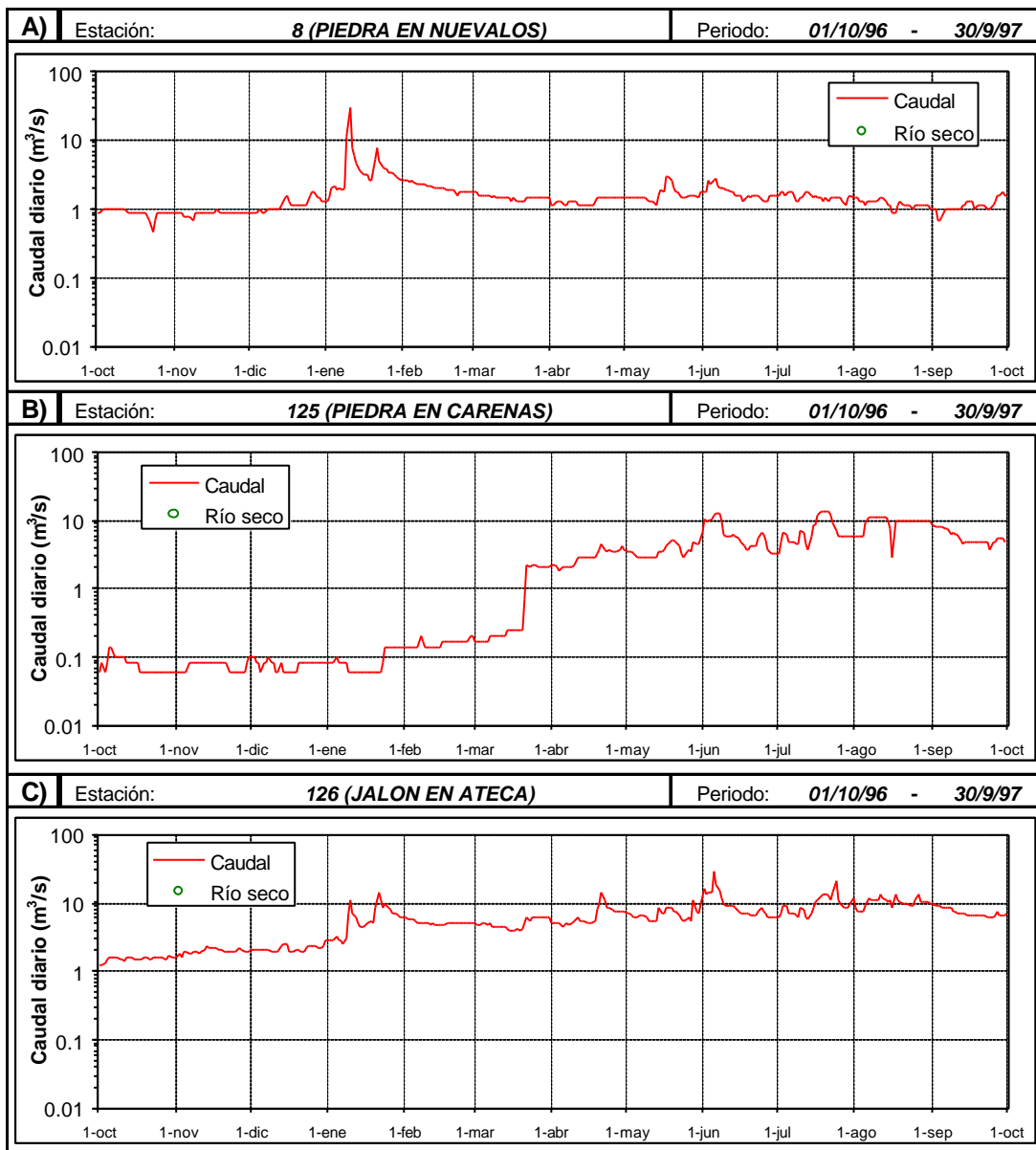
El mismo régimen que se detecta en cabecera se obtiene en otros afluentes del Jalón, como el río Aranda antes del embalse de Maidevera (Figura 47d), aunque en este caso el periodo de aguas altas se adelanta un mes (de diciembre a mayo).

El río Jalón presenta usos de agua muy intensos que afectan al régimen hidrológico actual. Este caso se encuentra en la cuenca del río Jiloca, donde los intensos usos de agua superficiales y subterráneos provocan un desplazamiento hacia invierno del periodo de aguas

altas (Figura 47e) debido a los usos de agua entre abril y septiembre. Este hidrograma alterado se presenta desde el tramo medio del Jiloca hasta su desembocadura en el Jalón.

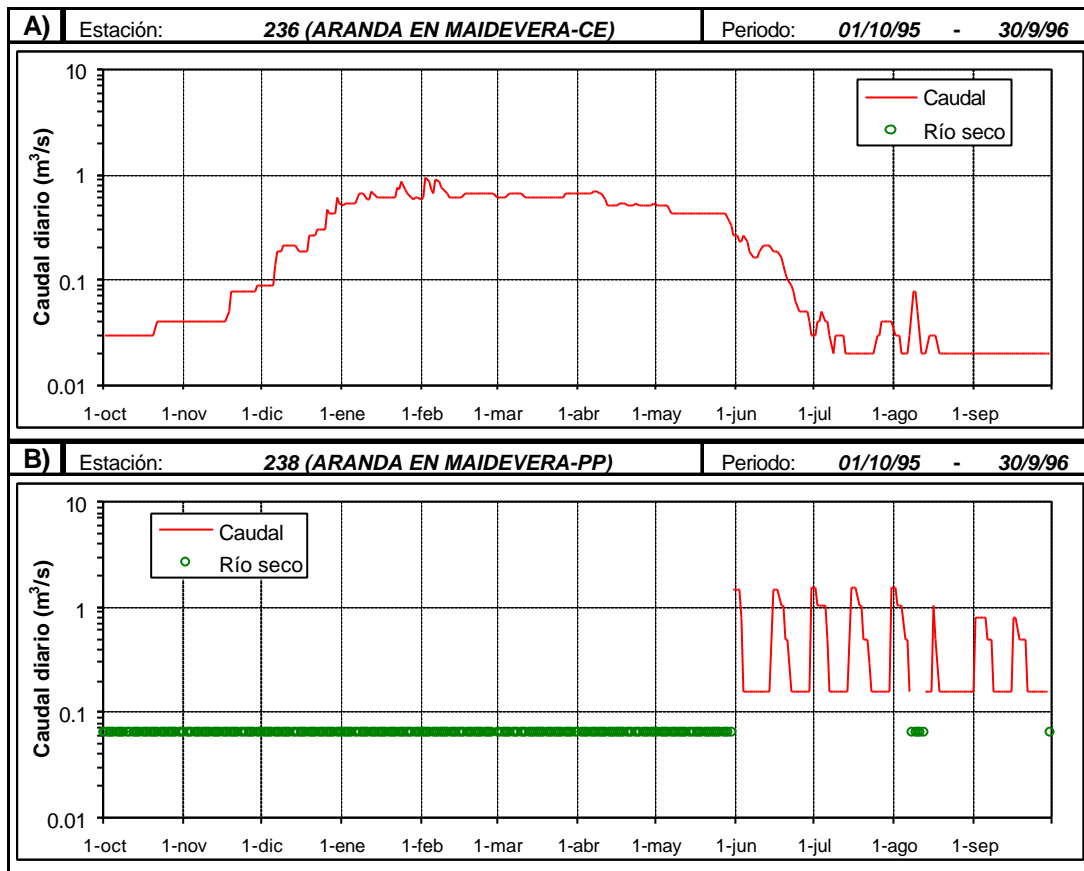
El embalse de la Tranquera supone el mayor elemento regulador de la cuenca del Jalón. Se puso en funcionamiento en 1962 y a partir de entonces el régimen del río queda modificado con un hidrograma mensual como el de la Figura 47f. El periodo de aguas altas se registra entre junio y septiembre con el máximo en julio y agosto.

La alteración del régimen se detecta en las estaciones del río Jalón en Cetina, Calatayud y Huérmeda. En la Figura 48 se muestra cómo afecta al hidrograma diario la regulación de la Tranquera en las estaciones del río Piedra en Carenas y Jalón en Ateca.



**Figura 48:** Efectos de la regulación del embalse de la Tranquera el año hidrológico 1996/97: a) estación 8 (Piedra en Nuévalos); b) estación 125 (Piedra en Carenas); y d) estación 128 (Jalón en Carenas).

Los embalses de Monteagudo de las Vicarías en el río Nájima y de Maidevera en el río Aranda (Figura 49) suponen afecciones en el régimen del río de la misma manera que las provocadas por el embalse de la Tranquera.



**Figura 49:** Efectos de la regulación del embalse de Maidevera en el río Aranda el año hidrológico 1995/96: a) estación 236 (Aranda en Maidevera-CE); y b) estación 238 (Aranda en Maidevera-PP).

Además, hay que destacar que en el tramo final del Jalón, desde Calatayud hasta su desembocadura en Grisén, se produce una pérdida de caudal justificada por los intensos usos de agua tanto superficiales como subterráneos a lo largo del cauce. Estos usos de agua modifican el régimen del río a lo largo del tramo.

### 3.28. Gallocanta

La cuenca endorreica de Gallocanta tiene una extensión de 541 km<sup>2</sup>, la mayor parte de los cuales están en la comunidad aragonesa quedando un pequeño sector en Castilla – La Mancha. Se trata de una cuenca en la que apenas existe red fluvial desarrollada, aunque cabe destacar los arroyos de Santed y Used, procedentes del Norte (Sierra de Santa Cruz), y el Barranco de la Hoz que procede del Sur.

No existen series foronómicas prolongadas en estos arroyos que permitan conocer su régimen hidrológico.

### 3.29. Cuenca del Huecha

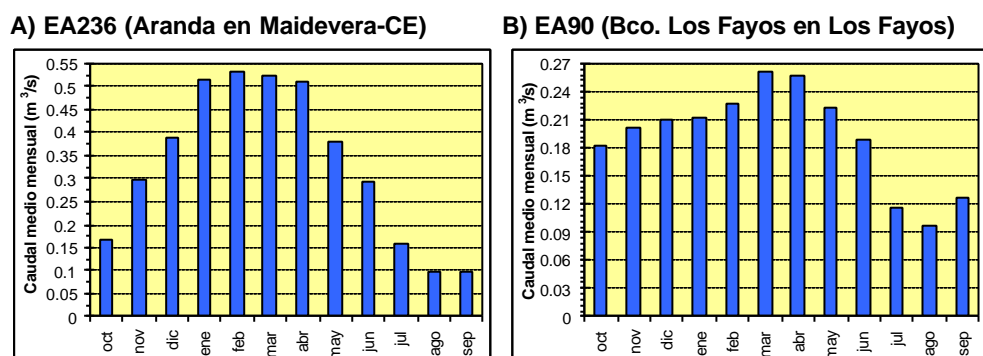
La cuenca del Huecha recoge los drenajes de la zona nororiental de la Sierra del Moncayo. Cubre una extensión de 540 km<sup>2</sup> quedando totalmente incluida en territorio aragonés dentro de la provincia de Zaragoza.

El recurso natural de la cuenca en régimen natural es, según el PHE, 0,7 m<sup>3</sup>/s (22,0 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total es 35,1 hm<sup>3</sup>/año, que se destinan a abastecimiento de 12.192 habitantes (1,25 hm<sup>3</sup>/año), riego de 6.419 ha (32,74 hm<sup>3</sup>/año) y 1,08 hm<sup>3</sup>/año para la industria.

En la actualidad la cuenca del Huecha carece prácticamente de regulación ya que únicamente cuenta con una serie de pequeños embalses o balsas, como es la Estanca (0,8 hm<sup>3</sup>), alimentada por la acequia del Sobrón.

El sistema de riego cuenta con una importante infraestructura de transporte para regadíos. Son diecisiete acequias que provienen del cauce del río Huecha y sobre todo de las fuentes que nacen de sus orillas.

No existen datos foronómicos en la cuenca que aporten información del régimen hidrológico. En principio cabe esperar que el caudal de los ríos de cabecera sea semejante a los de los ríos próximos que drenan de la Sierra del Moncayo. Como hidrogramas representativos de los drenajes de la Sierra se puede destacar la estación 236 del río Aranda en Maidevera-CE (Figura 50a) y la estación 90 del barranco de los Fayos en los Fayos (Figura 50b). Las diferencias entre ambos hidrogramas se justifican por la menor regulación subterránea en el río Aranda.



**Figura 50:** Hidrogramas de cauces próximos a la cabecera del río Huecha: a) estación 236 (Aranda en Maidevera-CE) en 13 años completos del periodo 1985/86-1998/99; y b) estación 90 (barranco de los Fayos en los Fayos) en 45 años completos del periodo 1942/43-1975/76.



### 3.30. Cuenca del Queiles

La cuenca del Queiles está situada en la margen derecha del Ebro compartiendo territorio de Castilla – León (provincia de Soria), Aragón (Zaragoza) y Navarra. Tiene una extensión de 554 km<sup>2</sup>.

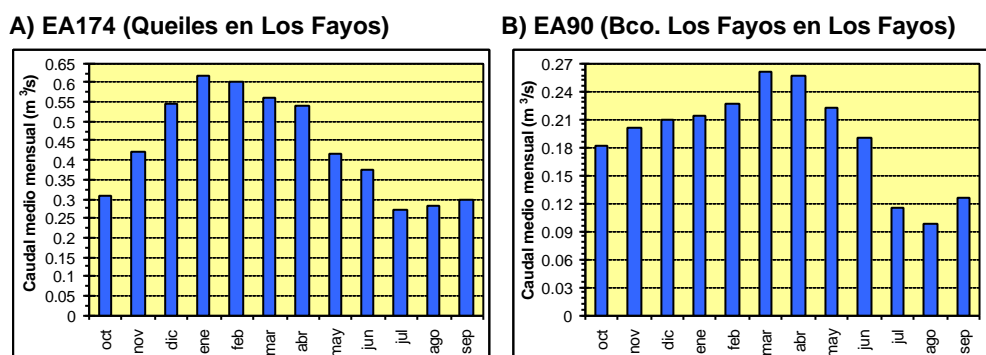
El río nace en las sierras del Madero y del Moncayo y discurre en dirección suroeste-noreste a través de la Tierra de Ágreda hasta desembocar en el río Ebro en las proximidades de Tudela. La cuenca está drenada por dos ejes principales, Queiles y Val que se reúnen a la altura de la localidad zaragozana de Los Fayos, en un único cauce que entrega sus aguas al Ebro en Tudela (Navarra).

El recurso hídrico generado en la cuenca en régimen natural es, según el PHE, 1,8 m<sup>3</sup>/s (58,4 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total en la cuenca es 66,56 hm<sup>3</sup>/año, que se destina a abastecimiento de 50.050 habitantes (5,22 hm<sup>3</sup>/año), riego de 12.131 ha (58,1 hm<sup>3</sup>/año) y 3,26 hm<sup>3</sup>/año para atender a la demanda industrial.

No existen infraestructuras de almacenamiento de importancia, aunque en la actualidad se está construyendo el embalse del Val, proyectado con 25 hm<sup>3</sup> de volumen total. La mayoría de la superficie regable se encuentra en el entorno de Tarazona y el agua se distribuye a través de las acequias de Magallón Grande, Magallón final, Selcos, Olbo, La Molina y Ucón.

Existen algunas centrales hidroeléctricas en la cabecera del río Queiles. En Vozmediano hay una piscifactoría con un caudal de 600 l/s.

El caudal del río Queiles está menos regulado que el del Barranco de los Fayos dada la distinta naturaleza de los manantiales que les dan el origen. Este hecho se detecta claramente en los hidrogramas mensuales de las estaciones de aforos situadas en la cabecera de ambos ríos (Figura 51a y b). El hidrograma del Queiles responde de forma más directa a las precipitaciones de la cuenca. El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y abril con el máximo en enero. En el Barranco de los Fayos la regulación subterránea desplaza el máximo a marzo y abril.



**Figura 51:** Hidrogramas medios mensuales de cabecera en el río Queiles: a) estación 174 (río Queiles en los Fayos) en 9 años completos del periodo 1990/91-1998/99; estación 90 (barranco de los Fayos en los Fayos) en 45 años completos del periodo 1942/43-1975/76.

La demanda de agua del Queiles es mayor que su recurso en régimen natural. Esto indica que en el tramo bajo la mayor parte de las aguas circulantes por el cauce serán derivadas por la densa red de acequias. El caudal medio anual registrado en la estación de Tudela es de 0,33 m<sup>3</sup>/s en los 13 años completos del periodo 1972/73-1989/90 en los que se dispone de datos. Este hecho indica claramente que el régimen del río Queiles en el tramo medio bajo se encuentra muy alterado con respecto al régimen natural. La inminente puesta en funcionamiento del embalse del Val provocará una brusca modificación del régimen aguas abajo de la presa.

### **3.31. Cuenca del Alhama**

La cuenca del Alhama abarca una extensión de 1.380 km<sup>2</sup>, cubriendo parte de las comunidades autónomas de Castilla – León, La Rioja y Navarra.

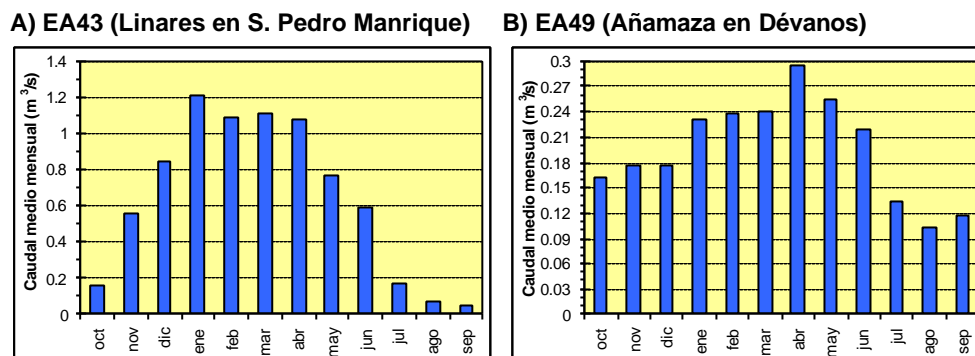
Esta cuenca favorece el drenaje del sector oriental de Los Cameros a través de diversos ejes: Linares, Alhama, Añamaza, que finalmente entregan sus aguas al Ebro a la altura de Alfaro (La Rioja).

El recurso hídrico en régimen natural es, según el PHE, 4,3 m<sup>3</sup>/s (134,8 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total se evalúa en 96,9 hm<sup>3</sup>/año con la que se abastecen a 20.877 habitantes (2,17 hm<sup>3</sup>/año), se riegan 12.309 ha (92,7 hm<sup>3</sup>/año) y se atiende una demanda industrial de 2,08 hm<sup>3</sup>/año.

De las 12.309 ha regadas con aguas del río Alhama, 9000 ha son riegos de invierno. Las infraestructuras de almacenamiento son de escasa importancia. En el tramo final del río Alhama es donde se encuentra el mayor número de campos de regadío. Ello motiva la existencia de pequeñas estancias, embalses y de numerosas acequias. Existen regadíos con aguas bombeadas del cauce del río Ebro.

Existe un canal que trasvasa aguas a la cuenca del Queiles. Es el denominado canal de San Salvador, que trasvasa aguas del Añamaza al valle del río Valverde. La capacidad en origen del canal de trasvase es 300 l/s.

En las cuencas de cabecera del río Alhama el hidrograma medio mensual es función de la importancia de la regulación subterránea. Un buen ejemplo es la comparación del hidrograma del río Linares en San Pedro de Manrique (Figura 52a) con el del río Añamaza en Dévanos (Figura 52b). El nacimiento del río Añamaza presenta una regulación mayor que el del río Linares dando lugar a que el hidrograma mensual presente una menor variabilidad mensual, que el periodo de aguas altas sea más prolongado en el tiempo, empezando en octubre, y que el máximo se presenta más tarde que en el río Linares. Un hecho similar ocurría entre las cuencas vecinas de la cabecera del río Queiles.



**Figura 52:** Hidrogramas medios mensuales de cabecera en el río Alhama: a) estación 43 (Linares en San Pedro Manrique) en 38 años completos del periodo 1956/57-1996/97; b) estación 49 (Añamaza en Dévanos) en 41 años completos del periodo 1942/43-1996/97.

La estación 185 del río Alhama en Cintruénigo representa el régimen del río al final de su recorrido. El caudal medio anual de los 15 años completos del periodo 1976/77-1996/97 es  $0,53 \text{ m}^3/\text{s}$ , mucho menor de los que corresponderían en régimen natural. Esta disminución del caudal está provocada por los importantes usos de agua en la cuenca y ponen de manifiesto la importante alteración del régimen hidrológico en el tramo medio bajo del río Alhama.

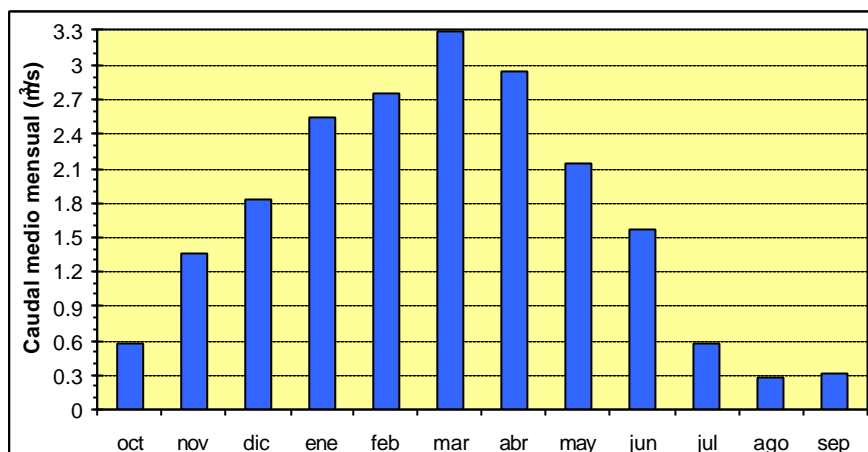
### 3.32. Cuenca del Cidacos

La cuenca del Cidacos tiene una extensión de  $696 \text{ km}^2$ , ocupando parte de las comunidades de Castilla – León (prov. de Soria) en su cabecera y de La Rioja, en su parte media y baja. Nace en la sierra Urquilla, dentro del sector noreste de los Picos de Urbión, y recorre en dirección suroeste-noreste la Rioja Baja hasta desembocar en el río Ebro en las proximidades de Calahorra. En su margen izquierda desembocan los ríos Baos, Ostaza y Manzanares.

El recurso hídrico en régimen natural se ha estimado en el PHE en  $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $85,2 \text{ hm}^3/\text{año}$ ). La demanda potencial a satisfacer con este recurso es  $35,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ , con la que se abastece a 42.467 habitantes ( $4,88 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y se riegan  $4.057 \text{ ha}$  ( $30,8 \text{ hm}^3/\text{año}$ ).

No existen embalses con gran capacidad, destacando únicamente el Pantano de Munilla, en el cauce del río Manzanares y la estanca del Perdiguero, construida recientemente y situada en el tramo bajo del río Cidacos. Esta reducida capacidad de almacenaje provoca una escasa regulación. Esta regulación provoca problemas de abastecimiento en Arnedo. En las proximidades de Calahorra el regadío se realiza con aguas del río Cidacos, del canal de Lodosa y del río Ebro. No existen otros usos de agua a destacar en la cuenca.

El hidrograma medio mensual del río Cidacos viene representado por la estación 44 del río Cidacos en Yanguas (Figura 53). El periodo de aguas altas comprende desde diciembre hasta mayo con el máximo claramente definido en marzo. El periodo de aguas bajas se presenta desde julio hasta septiembre con el mínimo en agosto.



**Figura 53:** Hidrograma medio mensual de la estación 44 (Cidacos en Yanguas) en 47 años completos del periodo 1946/47-1996/97.

### 3.33. Cuenca del Leza

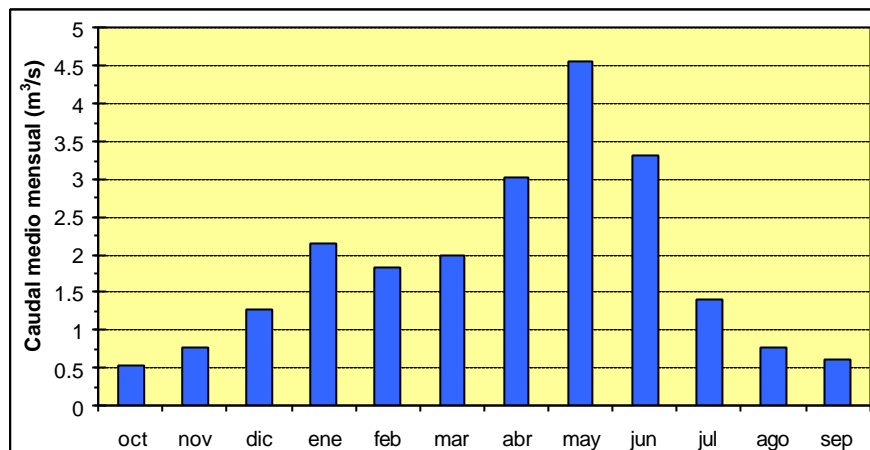
Leza y Jubera son los ejes principales de esta subcuenca que ocupa una extensión de 530 km<sup>2</sup> que cubren íntegramente territorio riojano, al norte de los Cameros, en la zona conocida como Camero Viejo. Confluyen con el Ebro aguas abajo de Logroño, en las proximidades de Agoncillo (La Rioja).

El río Leza en la cabecera presenta dos pequeños afluentes en su margen derecha (Rabanera y Vadillos), aunque su principal afluente lo constituye el río Jubera, que desemboca en la margen derecha del tramo bajo del río Leza.

El PHE evalúa para la cuenca del río Leza un recurso en régimen natural de 2,3 m<sup>3</sup>/s (71,8 hm<sup>3</sup>/año). La demanda a satisfacer con esta agua es de 9,6 hm<sup>3</sup>/año, que se destina a abastecimiento de 4.084 habitantes (0,39 hm<sup>3</sup>/año) y riego de 1.300 ha (9,3 hm<sup>3</sup>/año).

No existen infraestructuras de almacenamiento de importancia y como red de transporte destacan las acequias del Campillo, que abastecen 470 ha. Además de los usos para abastecimientos urbanos, no existen otros usos de agua. La cuenca resulta claramente deficitaria para los regadíos debido a la falta de regulación.

La estación 197 (Leza en Leza del río Leza) presenta un caudal medio de 1,9 m<sup>3</sup>/s para 18 años hidrológicos comprendidos dentro del periodo 1976/77-1996/97. En esta estación el río ha recibido sus principales aportaciones y todavía no se han producido detracciones importantes. El periodo de aguas altas se presenta entre enero y junio con el máximo claramente definido en mayo (Figura 54). El periodo de aguas bajas se presenta de julio a diciembre con el mínimo en octubre.



**Figura 54:** Hidrograma medio mensual de la estación 197 (Leza en Leza del río Leza) en 18 años completos del periodo 1976/77-1996/97.

### 3.34. Cuenca del Iregua

El río Iregua drena la vertiente Norte de la Sierra Cebollera, aproximadamente en el límite administrativo entre Castilla y La Rioja, desde allí se dirige hacia el Norte hasta reunirse con el Ebro en Logroño. Esta cuenca ocupa una extensión de 663 km<sup>2</sup> casi totalmente en ámbito riojano. Presenta tres afluentes principales: el río Lumbreras en su margen derecha y los ríos Mayor y Albercos en su margen izquierda.

El recurso total en régimen natural, según el PHE, es 6,6 m<sup>3</sup>/s (209,6 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total a satisfacer es 99,6 hm<sup>3</sup>/año que se destinan al abastecimiento de 140.893 habitantes (15,44 hm<sup>3</sup>/año), riego de 8.878 ha (63,21 hm<sup>3</sup>/año) y 21 hm<sup>3</sup>/año a la industria.

La mayor parte de la superficie regable se encuentra aguas abajo de Islallana. El almacenamiento del agua para su regulación se realiza en los tres principales embalses de la cuenca:

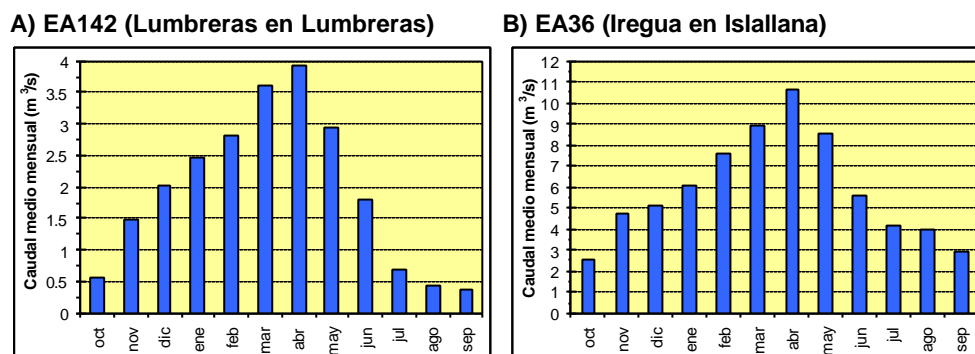
- A) Embalse de Pajares. Su construcción se inició en 1988 y finalizó en 1995. Su capacidad total es de 35 hm<sup>3</sup>. Uno de los objetivos de este embalse es la mejora del abastecimiento a Logroño.
- B) Embalse de González Lacasa o de Ortigosa. Construido en 1962 y con una capacidad total de 33 hm<sup>3</sup>.
- C) Embalse de Granjera. Situado en la cuenca vertiente del río Iregua en las proximidades de la desembocadura al río Ebro.

Entre las principales infraestructuras del almacenamiento destaca el canal alimentador al embalse González Lacasa. Este canal se pone en funcionamiento en 1960. Aguas abajo de Islallana destaca la existencia de los llamados doce ríos que constituyen la red de acequias a partir de las que se desarrollan los pequeños regadíos de la cuenca del Iregua.

Entre otros usos de agua destaca el abastecimiento a Logroño, con aguas reguladas en el embalse de González Lacasa y que supone una detracción de 15 hm<sup>3</sup>/año. Existe una central

hidroeléctrica (de Panzares) con un caudal concesional de 4 m<sup>3</sup>/s. Asimismo, en Torrecilla de Cámeros e Islallana hay dos piscifactorías.

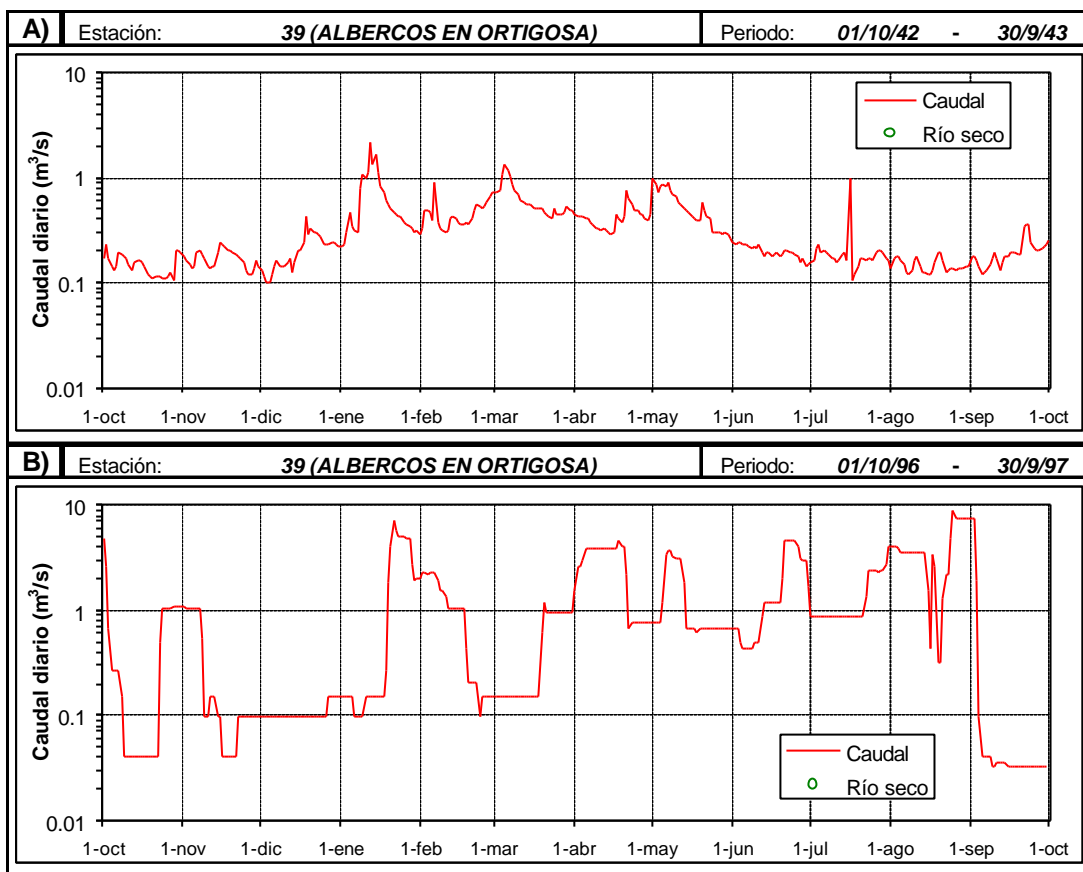
El régimen hidrológico real se registra en la estación de aforos 36 (Iregua en Islallana). El caudal medio registrado en esta estación de aforos en 48 años hidrológicos completos desde el año 1948/49 hasta el año 1997/98 es 5,9 m<sup>3</sup>/s. El régimen mensual del río Iregua viene caracterizado por la estación de cabecera del río Lumbreras en Lumbreras (Figura 55a). El periodo de aguas altas se presenta entre enero y mayo con el máximo en abril y el periodo de aguas bajas entre julio y octubre con el mínimo en septiembre. La estación de Islallana (Figura 55b) presenta un régimen mensual semejante al de la estación del río Lumbreras. El máximo se presenta en abril, pero el mínimo se registra en octubre debido a la regulación del río por el embalse de González Lacasa.



**Figura 55:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del río Iregua: a) estación 142 (Lumbreras en Lumbreras) en 42 años completos del periodo 1951/52-1996/97; y b) estación 36 (Iregua en Islallana) en 48 años completos del periodo 1948/49-1997/98.

En la actualidad existen dos embalses que modifican el régimen hidrológico original de los cauces de la cuenca del Iregua. La puesta en servicio del embalse de pajares en 1995 modifica un tramo del río Lumbreras por los desembalses de verano. El embalse de González Lacasa en el cauce del río Albercos y su canal alimentador con la toma desde el río Iregua aguas arriba de la confluencia del río Lumbreras ha supuesto una modificación de los regímenes hidrológicos naturales de los cauces asociados a estas infraestructuras.

A partir de la construcción del embalse de González Lacasa, el cauce del río Albercos sufre un aumento considerable de caudal. En la estación de aforos 39 (Albercos en Ortigosa) el caudal medio anual pasa de ser 0,4 m<sup>3</sup>/s antes del embalse a 1,5 m<sup>3</sup>/s después del embalse. La modulación mensual pasa de ser semejante a la del río Lumbreras (Figura 55a) a la de un río regulado para servir los máximos caudales en verano y los mínimos en invierno. En la Figura 56 se muestra un ejemplo de la modificación del régimen diario en esta estación.



**Figura 56:** Hidrograma diario de la estación de aforos 39 (Albercos en Ortigosa) antes (a) y después (b) de la construcción del embalse de González Lacasa.

### 3.35. Cuenca del Najerilla

La del Najerilla es una de las más notables cuencas de la margen derecha del Ebro. Ocupa una extensión de 1.105 km<sup>2</sup>, entre las comunidades autónomas de Castilla – León y, principalmente, La Rioja.

Su nacimiento se produce en la Sierra de Neila, en el sector sur de la Reserva Nacional de la Sierra de la Demanda. Realiza su recorrido en dirección principal sur-norte, entre la sierra de la Demanda y la sierra de Cámero Nuevo. Desemboca en el río Ebro en las proximidades de la pequeña localidad de Torremontalvo. En el cauce del Najerilla desembocan pequeños afluentes entre los que destacan los ríos Neila, Portilla, Urbión y Yalde en su margen derecha, y el Cárdenas y Tuerto en su margen izquierda.

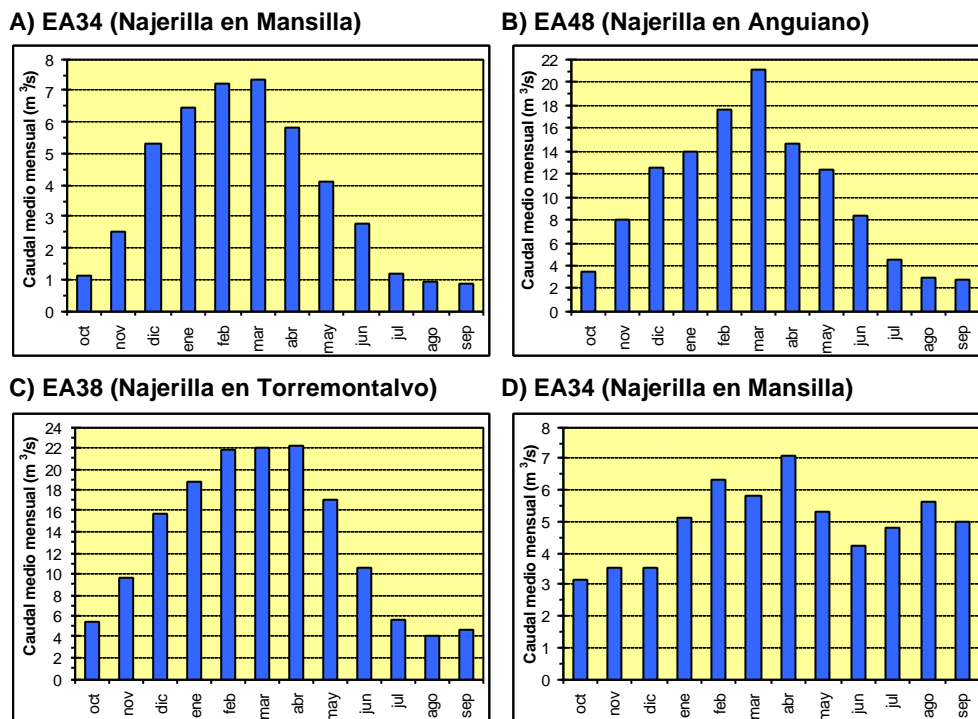
La aportación total en régimen natural es, según el PHE, 12,8 m<sup>3</sup>/s (402,4 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total a satisfacer con aguas de la cuenca es 74,8 hm<sup>3</sup>/año, que se destinan al abastecimiento de 18.410 habitantes (1,7 hm<sup>3</sup>/año), riego de 11.185 ha (70,77 hm<sup>3</sup>/año) y 2,34 hm<sup>3</sup>/año para la industria.

La mayor parte de la superficie regable (7.800 ha) se abastecen actualmente por medio de los canales del Najerilla. El resto de la superficie regable la constituyen los regadíos tradicionales de los afluentes de la margen derecha (Tobía, Cárdenas y Tuerto). Estos regadíos son muy deficitarios por carecer de regulación.

La principal infraestructura de almacenamiento es el embalse de Mansilla. Este embalse se construyó en 1960 y tiene un volumen total de 68 hm<sup>3</sup>. La principal estructura de transporte de agua son los canales del Najerilla. Son dos canales (margen derecha y margen izquierda) que alimentan al sistema de riego Najerilla-Sajazarra. Su superficie regable total será 18200 ha. El canal de la margen izquierda realiza la toma de aguas entre Anguiano y Bobadilla, y el canal de la margen derecha aguas abajo de Bobadilla. Actualmente se están regando 3300 ha con el canal de la margen derecha y 5800 con el de la margen izquierda.

El potencial hidroeléctrico es muy importante. En el eje del Najerilla se ubican seis centrales hidroeléctricas y dos centrales en el río Cárdenas. También existen dos piscifactorías, una se encuentra en Bobadilla y condiciona cualitativamente los caudales del río afectando directamente a las poblaciones de aguas abajo.

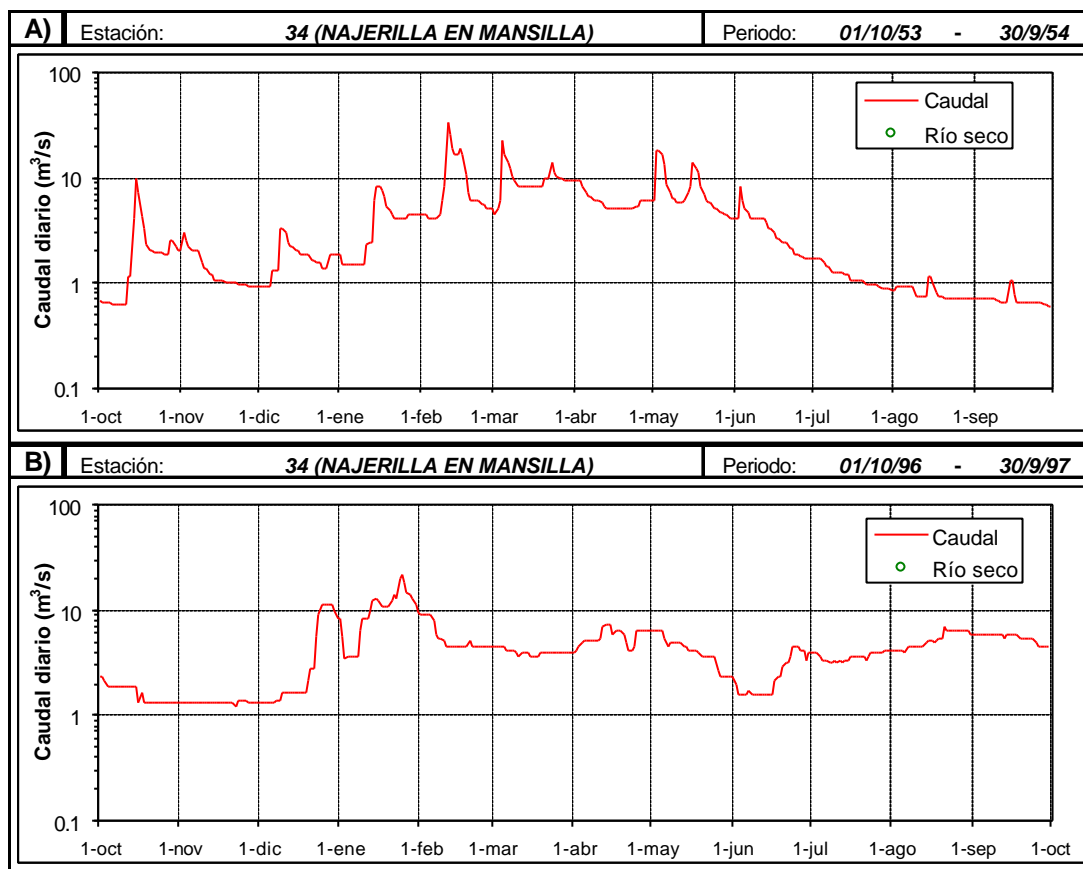
Las estaciones de aforos del río Najerilla en Mansilla (estación 34) y Anguiano (estación 48) antes de la puesta en funcionamiento del embalse de Mansilla en 1960 dan idea del funcionamiento del río en régimen no afectado. El hidrograma mensual presenta su periodo de aguas altas (Figuras 57 a y b) entre diciembre y abril con el máximo en marzo. El periodo de aguas bajas se registra entre junio y noviembre con el mínimo en agosto y septiembre. El hidrograma de la estación de aforos situado en la desembocadura comparte unas características semejantes al de las estaciones situadas aguas arriba (Figura 57c).



**Figura 57:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del río Najerilla: a) estación 34 (Najerilla en Mansilla) en 13 años antes del embalse de Mansilla (2/1931-4/1960); b) estación 48 (Najerilla en Anguiano) en 11 años antes del embalse de Mansilla (1/1931-4/1960); c) estación 34 (Najerilla en Mansilla) en 36 años completos después de la construcción del embalse de Mansilla (5/1960-9/1997); y d) estación 36 (Najerilla en Torremontalvo) en 37 años completos del periodo 1949/50-1996/97.



La regulación actual del embalse de Mansilla supone una modificación importante en el régimen hidrológico aguas abajo del embalse, resultando mayores caudales en verano, de manera que el mes con el caudal mensual mínimo se registra en octubre (Figura 57d). En la Figura 58 se muestra cómo afecta la regulación del embalse al hidrograma diario. Esta regulación se advierte, aunque de forma menos intensa que en Mansilla, en Anguiano.



**Figura 58:** Hidrograma diario de la estación de aforos 34 (Najerilla en Mansilla) antes (a) y después (b) de la construcción del embalse de Mansilla.

En la estación de aforos de Torremontalvo se recoge un caudal medio de  $13,1 \text{ m}^3/\text{s}$  en 37 años completos del periodo 1949/50-1996/97. La regulación del río mediante el embalse y los usos de agua que se suceden a lo largo del cauce producen un hidrograma diario notablemente modificado respecto al régimen natural.

### 3.36. Cuenca del Tirón

La cuenca del Tirón drena la vertiente Norte de la Demanda ocupando una superficie de  $1.270 \text{ km}^2$ , y cubriendo parcialmente territorio de Castilla – León (provincia de Burgos) y de La Rioja. Entrega sus aguas al Ebro en Haro (La Rioja).

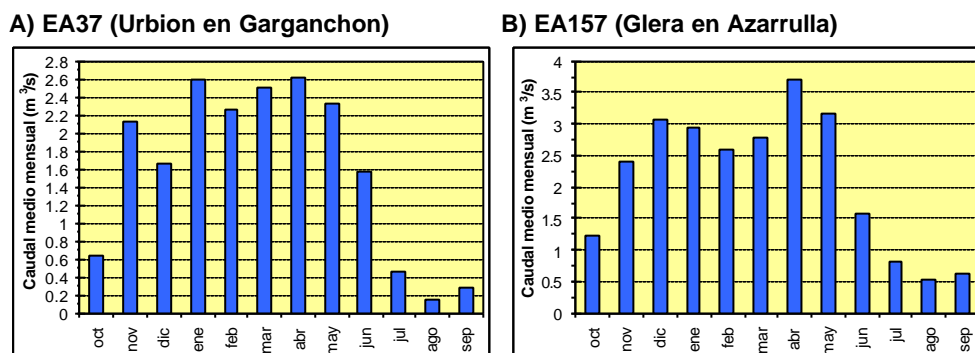
El principal afluente es el río Glera u Oja, situado en la margen derecha. Otros afluentes son el río Urbión, Retorto, Bañuelos y Ea en su margen izquierda; y el río San Julian en la margen derecha.

El recurso total en régimen natural es  $9,1 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $286,1 \text{ hm}^3/\text{año}$ ). La demanda total a satisfacer con aguas de esta cuenca es  $38,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ , que se destinan al abastecimiento de 19.341 habitantes ( $3,00 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y riego de 5.536 ha ( $35,7 \text{ hm}^3/\text{año}$ ).

El regadío se produce con pequeñas acequias, entre las que destacan Belorado (100 ha), Herramélluri (120 ha) y Leiva (120 ha). No existen infraestructuras de almacenamiento, a excepción de un pequeño embalse. Este embalse es el de Leiva, con un volumen útil de  $2,3 \text{ hm}^3$  y construido en 1995. Destaca el elevado número de pozos realizados en el aluvial del Glera con los que se riegan 2.680 ha.

Entre otros usos de agua destaca el caudal concesional de la piscifactoría Manantial de Castañares, con  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Existen algunas centrales hidroeléctricas, pero con escaso impacto en el régimen hidrológico de los cauces.

El régimen medio mensual de la cabecera del río Tirón presenta un periodo de aguas altas entre noviembre y mayo con el máximo en abril y el periodo de aguas bajas entre julio y octubre con el mínimo en agosto (Figura 59 a y b). Este hidrograma mensual se mantiene sin grandes modificaciones en las estaciones situadas en la cuenca del río Tirón.



**Figura 59:** Hidrogramas medios mensuales característicos de la cuenca del río Tirón: a) estación 37 (Urbión en Garganchón) en 18 años completos del periodo 1960/61-1977/78; y b) estación 157 (Glera en Azarrulla) en 19 años completos del periodo 1965/66-1996/97.

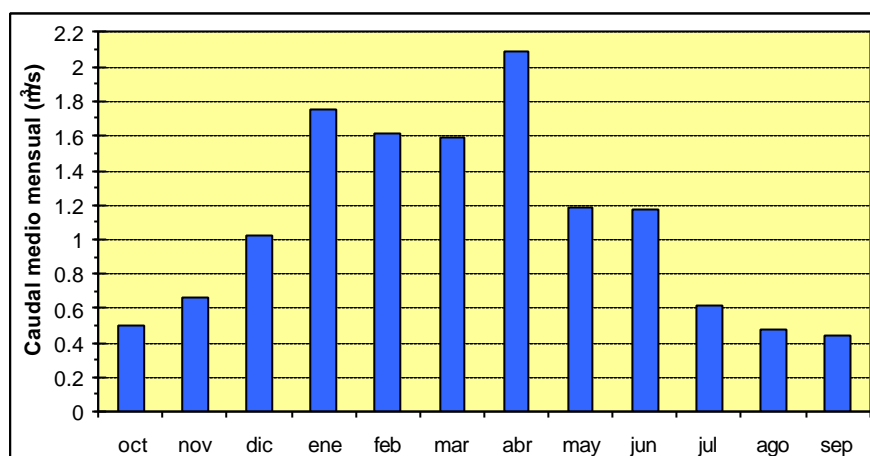
### 3.37. Cuenca del Oroncillo

La cuenca del Oroncillo ocupa una extensión de tan solo  $228 \text{ km}^2$  drenando hacia el Este la zona de los Montes Obarenes en las comunidades de La Rioja y Castilla y León. Entrega sus aguas al Ebro en Miranda (Burgos). El principal afluente del río Oroncillo es el río Vallarta, que desemboca en su margen derecha.

El recurso total en régimen natural es, según el PHE,  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $19,4 \text{ hm}^3/\text{año}$ ). La demanda total es  $3,64 \text{ hm}^3/\text{año}$  con la que se abastece a 35.491 habitantes ( $3,48 \text{ hm}^3/\text{año}$ ) y se riegan 52 ha ( $0,16 \text{ hm}^3/\text{año}$ ).

El principal uso de agua lo constituye el abastecimiento a Miranda de Ebro. Los regadíos de la desembocadura están regulados por el Canal de Miranda y presentan déficits hídricos importantes. Es frecuente observar el cauce del Oroncillo seco en las proximidades de la desembocadura. No existen aprovechamientos hidroeléctricos en este río.

El régimen mensual viene representado por la estación 189 del río Oroncillo en Orón. El periodo de aguas altas se presenta entre enero y abril con el máximo en abril y el periodo de aguas bajas entre julio y noviembre con el mínimo en septiembre (Figura 60).



**Figura 60:** Hidrograma medio mensual de la estación 189 (Oroncillo en Orón) en 20 años completos del periodo 1977/78-1996/97.

### 3.38. Cuenca del Molinar

Esta pequeña cuenca, de tan solo 54 km<sup>2</sup>, está totalmente incluida en el paraje natural de los Montes Obarenes, entrega sus aguas al Ebro a la altura de Frías (Burgos).

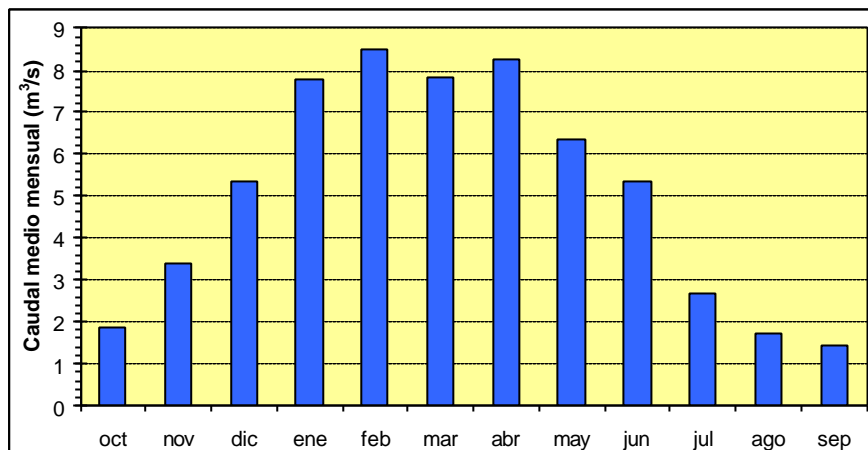
### 3.39. Cuenca del Oca

La cuenca del Oca cubre una superficie de 1.087 km<sup>2</sup> en territorio burgalés, en la zona alta de la cuenca del Ebro. Entrega sus aguas al Ebro al Norte de Oña, dejando al Este el LIC de los Montes Obarenes. El afluente más importante es el río Hómimo que se encuentra en su margen izquierda.

El recurso hídrico en régimen natural en la cuenca es, según el PHE, 4,9 m<sup>3</sup>/s (155,2 hm<sup>3</sup>/año). La demanda total a satisfacer con este recurso es 3,55 hm<sup>3</sup>/año, que se destinan al abastecimiento de 11.842 habitantes (1,16 hm<sup>3</sup>/año), riego de 410 ha (1,29 hm<sup>3</sup>/año) y 1,1 hm<sup>3</sup>/año se destina para la industria.

La regulación natural no es suficiente para satisfacer las necesidades de la agricultura e incluso, del abastecimiento. De esta forma, en Briviesca el abastecimiento presenta en ocasiones situación de déficit. El río Hómimo presenta bajas garantías de recurso y el río Oca, con mayores caudales, presenta una regulación insuficiente. No existen infraestructuras de transporte ni almacenamiento del agua. Tampoco existen aprovechamientos hidroeléctricos.

El régimen mensual viene representado por la estación 93 del río Oca en Oña. El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y mayo con el máximo en febrero y el periodo de aguas bajas entre julio y noviembre con el mínimo en septiembre (Figura 61). La estación de aforos se sitúa en el tramo bajo del río Oca e indica el régimen real circulante.



**Figura 61:** Hidrograma medio mensual de la estación 93 (Oca en Oña) en 34 años completos del periodo 1959/60-1996/97.

El caudal medio en los 34 años completos del periodo 1959/60-1996/97 es 5,11 m<sup>3</sup>/s, ligeramente superior al caudal en régimen natural. Este hecho indica que el régimen del río Oca se encuentra poco afectado los aprovechamientos hidráulicos.

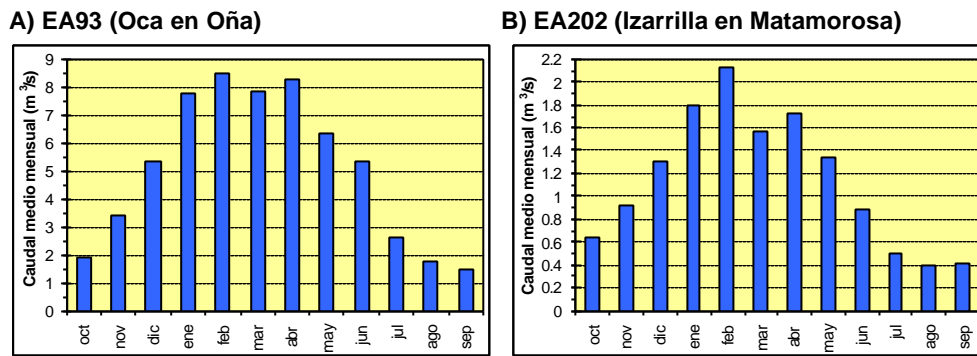
### 3.40. Cuenca del Rudrón

La cuenca del Rudrón drena un sector de las parameras burgalesas de la Lora en la margen derecha del alto Ebro. Ocupa una extensión de 522 km<sup>2</sup>, íntegramente en territorio de Castilla – León. Se reúne con el Ebro aguas abajo de Valdelateja (Burgos). En su margen izquierda desemboca el río Valtierra y en la margen derecha los ríos San Antón y Moradillo.

El recurso total en régimen natural es, según el PHE, 3,6 hm<sup>3</sup>/año (112,5 hm<sup>3</sup>/año). La demanda a satisfacer con aguas de esta cuenca es 0,18 hm<sup>3</sup>/año, con la que se atiende el abastecimiento de 1.013 habitantes (0,09 hm<sup>3</sup>/año) y el riego de 30 ha (0,09 hm<sup>3</sup>/año).

Los usos de agua son muy reducidos en esta cuenca. Destaca una piscifactoría en el término de Tubilla del Agua, cuya concesión es 400 l/s.

No existen datos foronómicos en la cuenca que aporten información de su régimen hidrológico. Los reducidos consumos de agua de la cuenca, así como la similitud de los hidrogramas de las cuencas vecinas hacen pensar en que el régimen mensual comparta sus características. El periodo de aguas altas, a partir de la comparación del hidrograma de la estación 93 (Oca en Oña) y el de la estación 13 (Izarrilla en Matamorosa), se presenta entre diciembre y mayo con el máximo en febrero o abril (Figura 62). El periodo de aguas bajas se presenta entre julio y octubre con el mínimo en agosto o septiembre.



**Figura 62:** Hidrogramas medios mensuales del régimen mensual de la cuenca del río Rudrón: a) Estación 93 (Oca en Oña) en 34 años completos del periodo 1959/60-1996/97; y b) estación 202 (Izarrilla en Matamorosa) en 13 años completos del periodo 1972/73-1996/97.

### 3.41. Cuenca del Polla

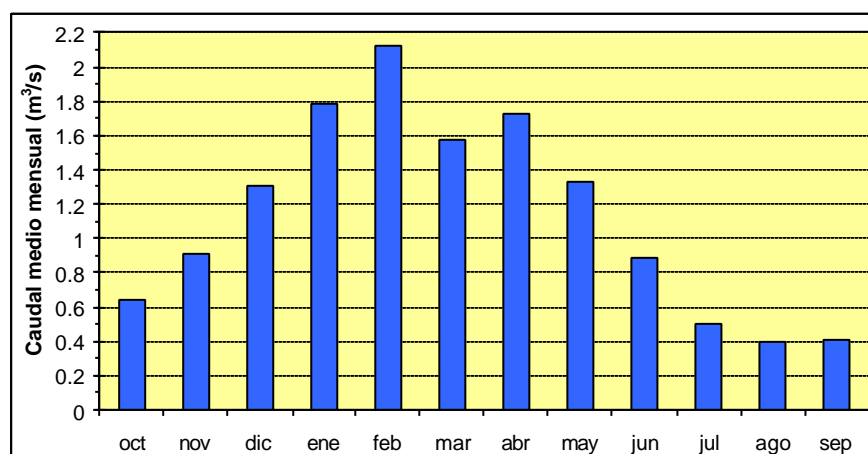
La del Polla es una pequeña subcuenca, con una extensión de unos 51 km<sup>2</sup>, drenando territorio cántabro y, en menor medida, castellano leonés.

No existen estaciones de aforos para evaluar los recursos hídricos en esta pequeña cuenca.

### 3.42. Cuenca del Izarrilla

La cuenca del Izarrilla se extiende por territorio cántabro en una pequeña zona entre el valle de Híjar y el Ebro. La superficie de la cuenca es 57 km<sup>2</sup>.

El recurso total en régimen natural en la cuenca del Izarrilla es, según el PHE, 1,1 m<sup>3</sup>/año (33,5 hm<sup>3</sup>/año). La estación de aforos 202 del río Izarrilla en Matamorosa presenta un caudal medio mensual para los 13 años completos del periodo 1972/73-1986/87 es 1,16 m<sup>3</sup>/s. El régimen mensual del río es semejante a las cuencas vecinas. El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y mayo con el máximo en febrero y el periodo de aguas bajas entre julio y octubre con el mínimo en septiembre (Figura 63).

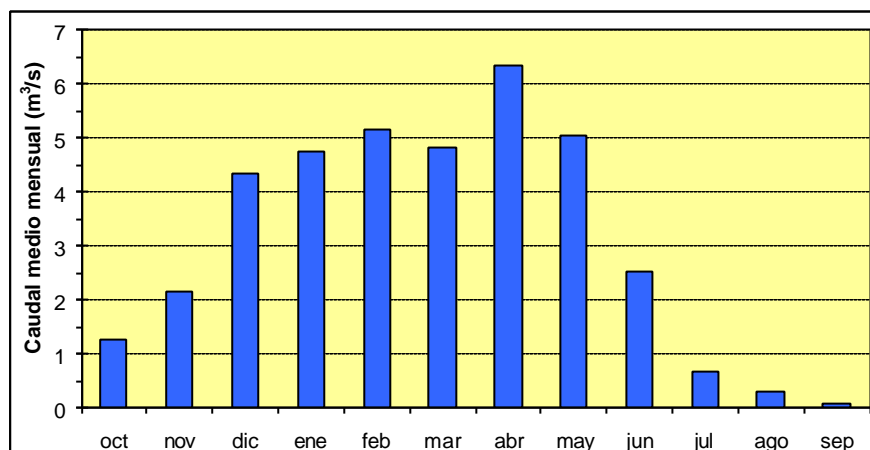


**Figura 63:** Hidrograma medio mensual de la estación 202 (Izarrilla en Matamorosa) en 13 años completos del periodo 1972/73-1996/97.

### 3.43. Cuenca del Híjar

El Híjar es el primer afluente que recibe el Ebro por su margen derecha, procede del Alto Campoo cuyos deshielos conduce hacia la zona de Reinosa por una amplia gravera. Ocupa una extensión de 143 km<sup>2</sup> toda ella en territorio de Cantabria.

El recurso total en régimen natural de la cuenca del Izarrilla es, según el PHE, 4,6 m<sup>3</sup>/s (144,3 hm<sup>3</sup>/año). El periodo de aguas altas se presenta entre diciembre y mayo con el máximo en abril y el periodo de aguas bajas entre julio y octubre con el mínimo en septiembre (Figura 64).



**Figura 64:** Hidrograma medio mensual de la estación 203 (Híjar en Reinosa) en 17 años completos del periodo 1976/77-1993/94.

### 3.44. Eje del Ebro

Desde su nacimiento en Fontibre (Cantabria) hasta su desembocadura en Deltebre (Tarragona) el Ebro recorre más de 900 km atravesando las comunidades autónomas de Cantabria, Castilla – León, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña.

La cuenca del Ebro tiene una cuenca vertiente total de 85.001 km<sup>2</sup>. Si se excluyen de la cuenca los afluentes ya descritos en este trabajo queda una superficie referida en este apartado de alrededor de 13.495 km<sup>2</sup>. Se contempla todo el Eje del Ebro con sus aluviales y las superficies intercuenas que no presentan drenajes destacados al Ebro.

Para la descripción de los principales usos de agua se ha dividido en río en tres tramos en función de su intensidad de uso: a) hasta Miranda de Ebro; b) desde Miranda hasta el embalse de Mequinenza; y c) desde Mequinenza hasta desembocadura.

En el río Ebro hasta Miranda de Ebro no existen detracciones importantes de agua. Únicamente se aplica agua del río a algunos pequeños regadíos y para abastecimiento a poblaciones. Sin embargo, es importante considerar que en este tramo se realiza la regulación del agua para los grandes proyectos de riego realizados aguas abajo de Miranda de Ebro. Con este objetivo se construyó en 1945 el embalse del Ebro, con una capacidad total de 540 hm<sup>3</sup>. Este embalse regula el agua que es derivada más abajo hacia el canal de Lodosa y, en parte, hacia el canal Imperial de Aragón y canal de Tauste. El embalse del Ebro presenta un caudal mínimo de 1 m<sup>3</sup>/s.

Entre otros usos de agua importantes en este tramo destacan los aprovechamientos hidroeléctricos. En especial la central de Sobrón, con un caudal concesional de 80 m<sup>3</sup>/s, y de Puentelarrá, con 55 m<sup>3</sup>/s. Entre los embalses para aprovechamiento hidroeléctrico destacan:

- + Embalse de Cereceda, construido en 1947 y con una capacidad de 1,2 hm<sup>3</sup>.
- + Embalse de Cillaperlata, construido en 1956 con una capacidad de 0,6 hm<sup>3</sup>.
- + Embalse de Puentelarrá, construido en 1968 con un volumen de 1,5 hm<sup>3</sup>.
- + Embalse del Sobrón, construido en 1960 con un volumen de 20 hm<sup>3</sup>.

Finalmente, existe un trasvase que comunica el embalse del Ebro con la cuenca de Saja-Besaya. Es el trasvase de Ebro-Besaya y se inició en 1982 con el objeto de garantizar el abastecimiento urbano e industrial de la comarca de Torrelavega. El trasvase es reversible, con una capacidad de 4 m<sup>3</sup>/s en salida hacia la cuenca Norte. El volumen medio trasvasado es de 49,9 hm<sup>3</sup>/año y 23,7 hm<sup>3</sup>/año retornados.

En el tramo del río Ebro desde Miranda de Ebro hasta el embalse de Mequinenza existen importantes usos de agua. Entre las principales extracciones de agua destacan las de los siguientes canales:

- + Canal de Lodosa. Toma sus aguas en la presa de los Mártires de Lodosa y recorre la margen derecha del río Ebro durante 127 km, desaguando entre Mallén y Gallur. Su principal aplicación es para el regadío de 32.868 ha. La regulación de sus caudales se realiza en el embalse del Ebro.
- + Canal de Tauste. Toma sus aguas en Fontellar y recorre la margen izquierda durante 44 km. Desemboca en el Ebro en Cabañas de Ebro. Su uso principal es para el regadío de 8.845 ha. La regulación se produce en el embalse del Ebro, aunque también se beneficia de la regulación del río Aragón.
- + Canal Imperial de Aragón. Toma sus aguas en Fontellar, en el azud de Pignatelli. Recorre la margen derecha del Ebro durante 105 km hasta el límite de los términos del Burgo de Ebro y Fuentes de Ebro. Con sus aguas se riegan 25.800 ha y se abastece a Zaragoza (100 hm<sup>3</sup>/año) y 16 municipios más, además de ser empleado para usos industriales. Los caudales se regulan en el embalse del Ebro y con el río Aragón (regulación natural de Irati, embalses de Yesa y Alloz). Existen datos de caudal desde octubre de 1958, aunque la presa de Pignatelli se construyó en 1970. Existen numerosas referencias de que el río Ebro se encuentra en ocasiones seco aguas abajo del azud.

Además, existen unas 50.000 ha de pequeños regadíos, siendo las infraestructuras más significativas la acequia de Pina (su azud data de 1910), la elevación de Quinto, la acequia del río Ebro en Alfaro, Pradejón, río Nuevo de Mendavia,...

Existen numerosos aprovechamientos hidroeléctricos. En especial destaca el relacionado con el embalse de Mequinenza. Este embalse fue construido en 1966, con una capacidad total de 1534 hm<sup>3</sup> y cuyo uso principal es el hidroeléctrico, con un caudal concesional de 900 m<sup>3</sup>/s.

En el tramo bajo del río Ebro, desde Mequinenza hasta desembocadura, además del embalse de Mequinenza, existen otros dos embalses importantes:

- + Embalse de Ribarroja, construido en 1961 con una capacidad de 210 hm<sup>3</sup>.
- + Embalse de Flix, construido en 1948 con una capacidad de 11 hm<sup>3</sup>.

La central de Ribarroja presenta un caudal concesional de 900 m<sup>3</sup>/s, la de Mequinenza de 600 m<sup>3</sup>/s y la de Flix de 80 m<sup>3</sup>/s.

El uso de estos embalses se debe compatibilizar con el caudal asignado a la Central Nuclear de Ascó (72 m<sup>3</sup>/s), que se puso funcionamiento en 1983, y con el caudal ecológico del delta del Ebro, que se ha establecido en 100 m<sup>3</sup>/s.

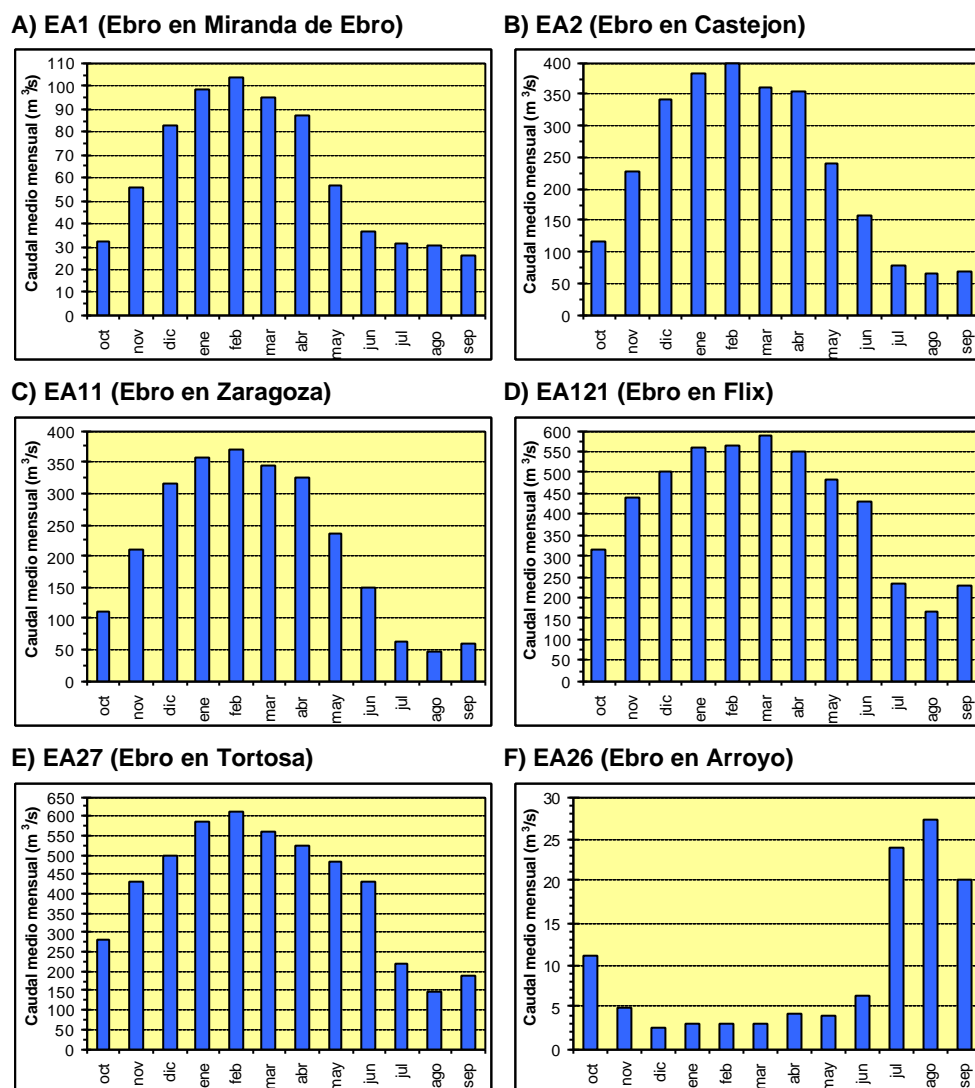
Existen dos importantes canales para uso agrícola. Son los canales del Delta, que toman sus aguas en el azud de Cherta y riegan los territorios adyacentes al tramo final del río, en su mayor parte correspondientes al delta. Los dos canales son:

- + Canal derecho, con una longitud de 51,5 km y una zona regable de 12.000 ha. Se dispone de datos de aforos en este canal desde marzo de 1963.
- + Canal izquierdo, con 51 km de longitud y una zona regable de 12.691 ha. Se dispone de datos de aforos en este canal desde marzo de 1963.

En ambos canales existen tomas de agua para el trasvase de Ebro-Campo de Tarragona, que suponen un volumen máximo trasvasado de 70 hm<sup>3</sup>/año.

El régimen mensual del río Ebro en el tramo desde su cabecera hasta el embalse del Ebro presenta un periodo de aguas altas de diciembre a abril con el máximo en febrero y periodo de aguas bajas de julio a octubre con el mínimo en septiembre en el tramo de cabecera y en agosto en el tramo medio. Este hidrograma se registra a lo largo de todo el cauce, como confirman los hidrogramas medios mensuales de Miranda de Ebro (Figura 65a), Castejón (Figura 65b) y Zaragoza (Figura 65c). Entre Miranda y Castejón se produce la detracción del canal de Lodosa y la importante incorporación del río Aragón y entre Castejón y Zaragoza se detrae agua hacia los canales Imperial de Aragón y de Tauste. Los hidrogramas medios mensuales no varían sustancialmente en este tramo.

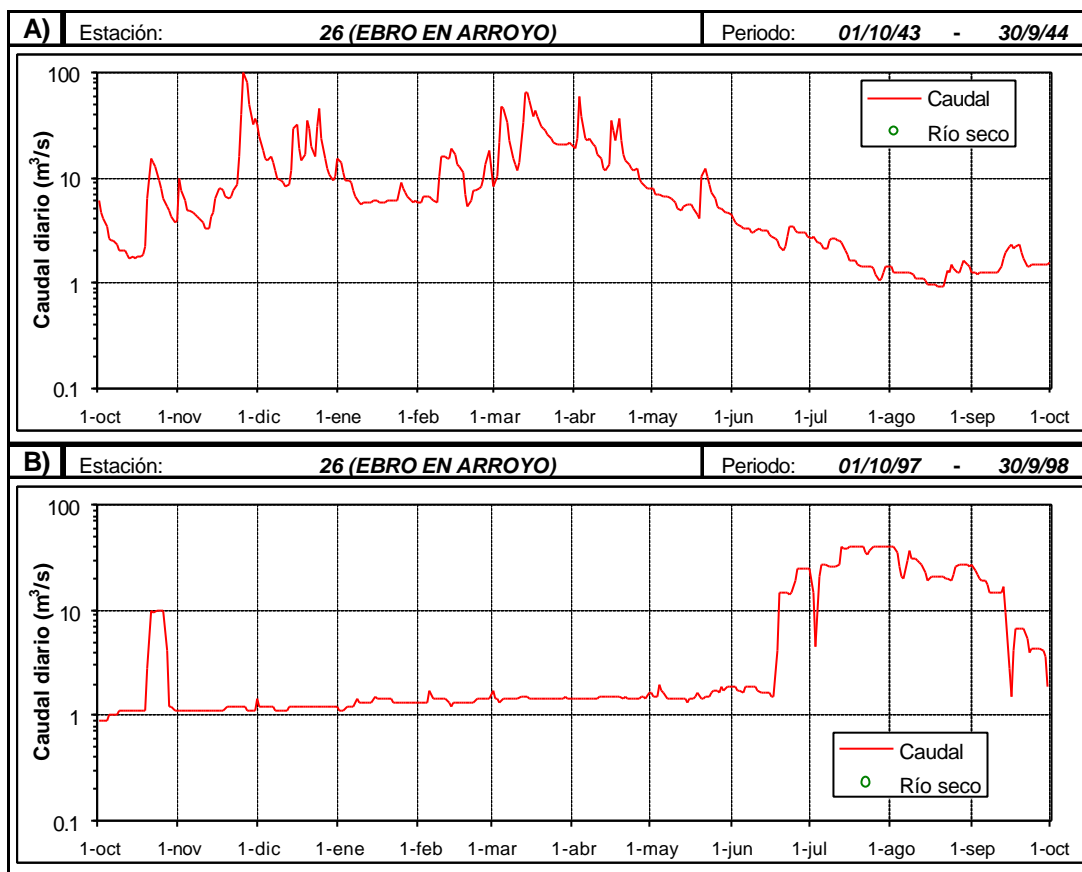




**Figura 65:** Hidrogramas medios mensuales característicos del eje del Ebro: a) estación 1 (Ebro en Miranda de Ebro) en 68 años completos del periodo 1913/14-1998/99; b) estación 2 (Ebro en Castejón) en 48 años completos del periodo 1929/30-1998/99; c) estación 11 (Ebro en Zaragoza) en 63 años completos del periodo 1914/15-1998/99; d) estación 121 (Ebro en Flix) en 39 años completos del periodo 1948/49-1990/91; e) estación 27 (Ebro en Tortosa) en 53 años completos del periodo 1917/18-1998/99; y f) estación 26 (Ebro en Arroyo) en los 49 años completos posteriores a la construcción del embalse del Ebro (1/1947-9/1998).

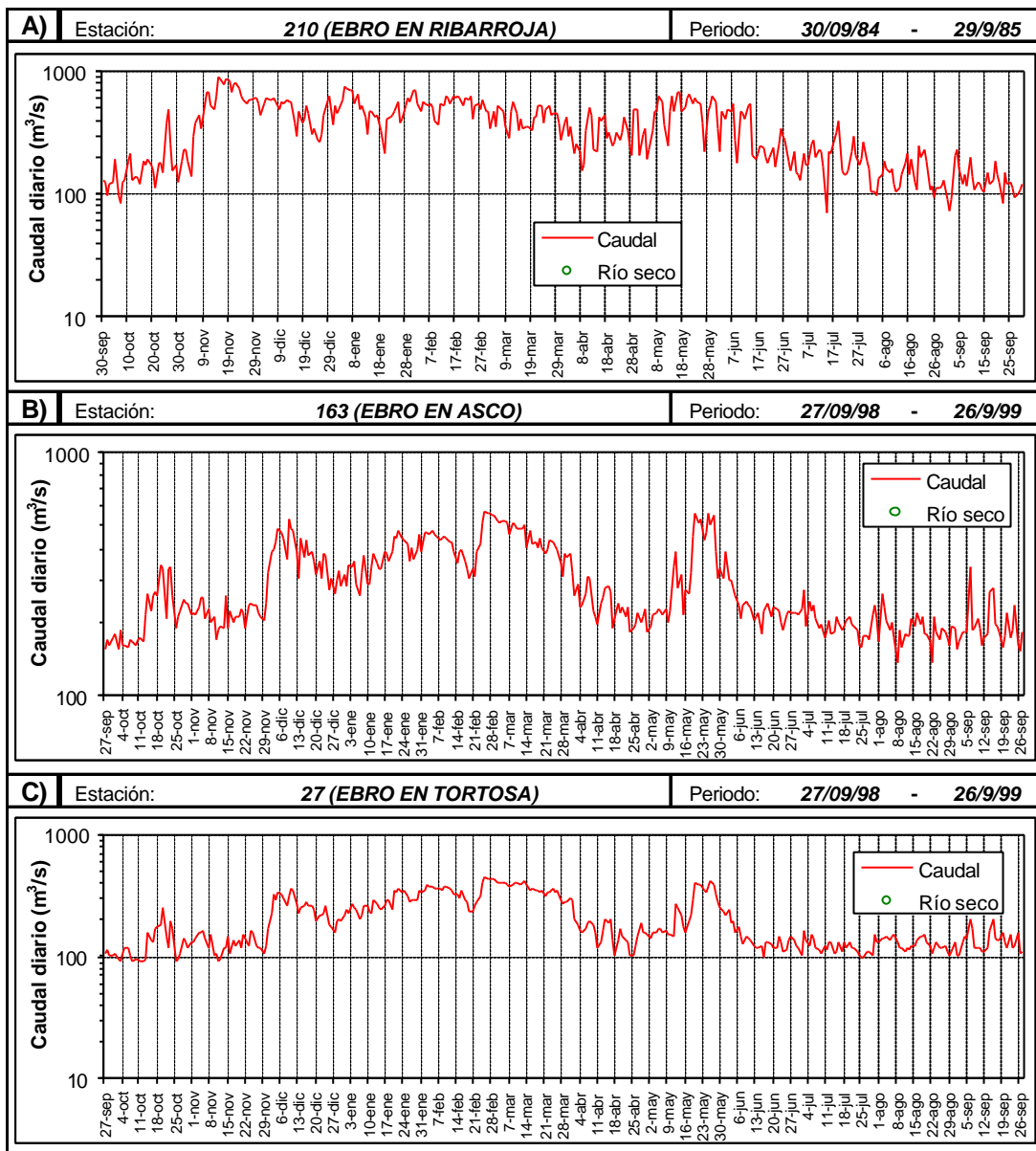
La regulación del embalse de Mequinenza y, sobre todo, la incorporación del Segre alteran el hidrograma medio mensual prolongando el periodo de aguas altas de abril a junio debido a la incidencia de la retención nival en las cuencas del Segre. (Figuras 65d y e).

El embalse del Ebro supone una importante alteración del régimen hidrológico aguas abajo. El hidrograma medio mensual se invierte, obteniéndose unos mayores caudales en época estival (Figura 65f). La aportación de los ríos Nela, Rudrón y Oca enmascaran esta modificación del régimen del río. En la Figura 66 se presenta un año hidrológico antes y después de la construcción del embalse.



**Figura 66:** Hidrograma diario de la estación 26(Ebro en Arroyo) antes (a) y después (b) de la construcción del embalse del Ebro.

En el tramo bajo del Ebro la regulación hidroeléctrica de los caudales provenientes del Segre, así como de los grandes embalses del Ebro provoca una modulación semanal que se advierte en el hidrograma diario. En la Figura 67 se muestran ejemplos de estos hidrogramas en tres estaciones de aforos. Se observa que los domingos el caudal es menor.



**Figura 67:** Regulación hidroeléctrica en el tramo bajo del río Ebro: a) estación 210 (Ebro en Ribarroja); b) estación 163 (Ebro en Ascó); y c) estación 27 (Ebro en Tortosa). Los ejes verticales corresponden a los domingos de cada semana.

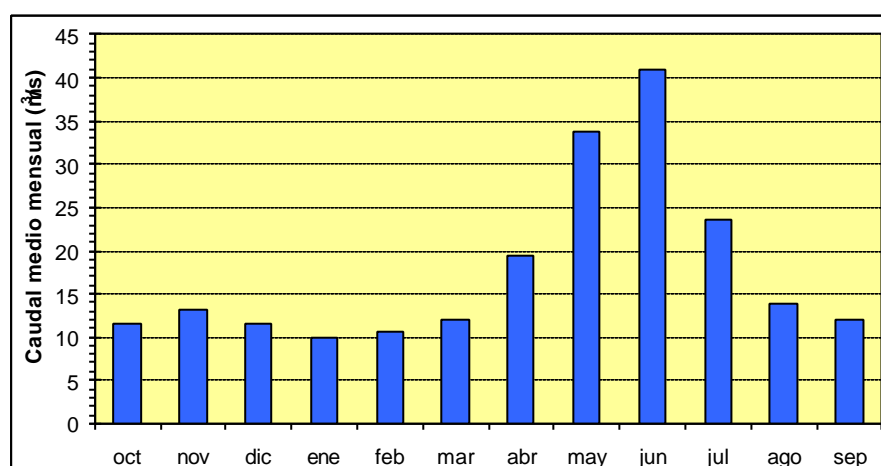
En el eje del Ebro también se incluye un gran número de pequeños afluentes no citados expresamente en los apartados anteriores, de manera general se trata de cauces con escaso caudal, pero que por su singularidad son puntos de agua vitales para la fauna y flora de las zonas. En muchas ocasiones son tramos colectores de vertidos urbanos y retornos de riego.

### 3.45. Garona

La cabecera del río Garona no pertenece a la cuenca del Ebro, aunque forma parte del ámbito del Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro. Comprende una superficie de 547 km<sup>2</sup> y se encuentra en la vertiente norte del sector centrorienta del Pirineo. La cabecera del río Garona se encuentra en los Pirineos centrales y recorre el valle de Arán. En su margen derecha los afluentes principales son el río Varradós y Toran y en su margen izquierda el río Aiguamoix y Vallarties.

El recurso total en régimen natural de la cuenca es, según el PHE, 18,7 m<sup>3</sup>/s (589,1 hm<sup>3</sup>/año). El principal uso de agua es el aprovechamiento hidroeléctrico. Existen alrededor de 13 centrales hidroeléctricas. Las que tienen un mayor caudal concesional son las de Pont de Rey (37,5 m<sup>3</sup>/s) y Bossots (23 m<sup>3</sup>/s).

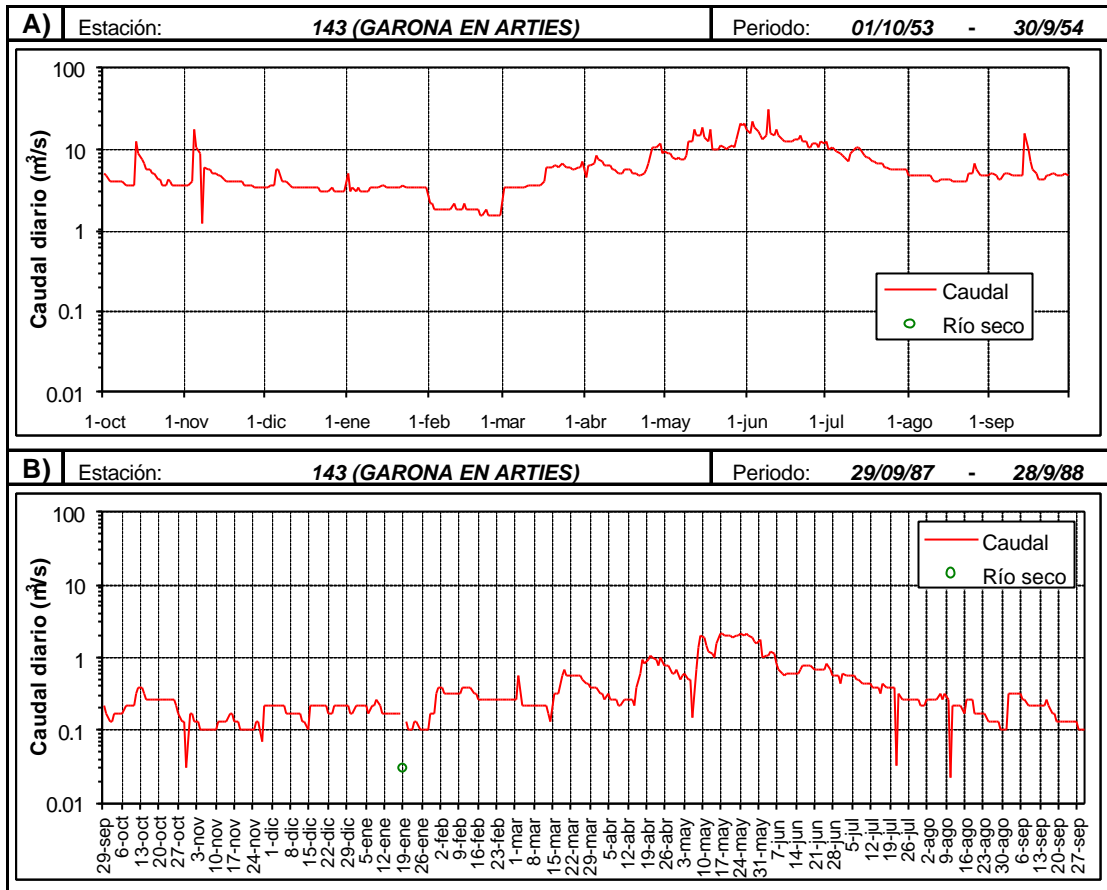
El régimen mensual se mantiene constante a lo largo del cauce del río Bossots y sus afluentes. El periodo de aguas altas se presenta entre abril y julio con el máximo en junio. Existen dos periodos de aguas bajas, uno estival, con el mínimo en septiembre, y otro invernal debido a la retención nival, con el mínimo en enero. En la Figura 68 se presenta en hidrograma de la estación de Bossots.



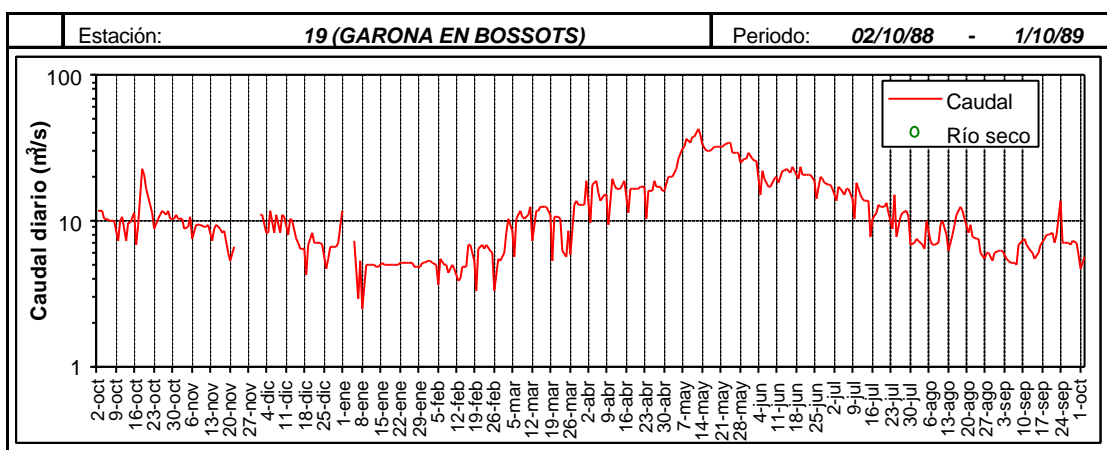
**Figura 68:** Hidrograma medio mensual de la estación 19 el río Garona en Bossots durante 15 años completos del periodo 1965/66-1981/82.

La modulación mensual es semejante en las tres estaciones de aforos situadas en los cauces de la cuenca, sin embargo, las constantes derivaciones para alimentar a las centrales hidroeléctricas suponen bruscos cambios del caudal y de la modulación diaria en varios tramos de la cuenca. Un ejemplo de estas modificaciones es la variación del régimen en la estación de Arties (Figura 69) donde la puesta en funcionamiento de la central de Arties disminuye el caudal circulante por el río, pasando de una media de 5,7 m<sup>3</sup>/s antes de la central a 0,5 m<sup>3</sup>/s.

En la estación de Bossots circula todo el agua que produce la cuenca. La modulación diaria en este punto presenta una periodicidad semanal debido a la disminución del caudal turbinado por las centrales hidroeléctricas los domingos. En la Figura 70 se muestra un ejemplo de la regulación de este río. El caudal medio en los 15 años completos del periodo 1965/66-1981/82 es 18,8 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 69:** Modificación del régimen hidrológico en la estación 143 del río Garona en Arties antes (a) y después (b) de la construcción de la central de Arties.



**Figura 70:** Hidrograma diario de la estación 19 del río Garona en Bossots afectado por la regulación hidroeléctrica.

## 4.- CONCLUSIONES

En éste trabajo se aborda la evaluación preliminar de la afección de los aprovechamientos y las grandes infraestructuras asociadas a ellos en el régimen natural de los ríos de la cuenca del Ebro. Para ello se han actualizado las series de caudal medio diario de la Oficina de Planificación Hidrológica en las estaciones de la Red Foronómica del Ministerio de Medio Ambiente. Posteriormente, se han representado los hidrogramas diarios y medios mensuales y se han calculado algunos caudales estadísticos de todas las estaciones. El objeto de este análisis es disponer de un conocimiento detallado de la situación hidrológica actual en los sistemas fluviales de la cuenca, conocer cómo ha sido su evolución durante los periodos en los que se dispone de datos e identificar si ésta evolución ha seguido unas pautas naturales o bien están afectados y el motivo de ésta afección en su régimen natural.

La metodología aplicada para la consecución de los objetivos de éste trabajo ha seguido cuatro fases principales:

En primer lugar, se ha llevado a cabo la **actualización de las series hidrológicas diarias** actualmente disponibles en la Oficina de Planificación de la Confederación Hidrográfica del Ebro con datos más actualizados procedentes del Servicio de Hidrología de Comisaría de Aguas.

Posteriormente, se han representado los **hidrogramas medios diarios** de cada estación de aforos en hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Seguidamente, se han determinado los caudales mensuales; los caudales medios mensuales; los caudales mensuales para los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95; los caudales anuales y los caudales medios anuales. Además se han representado en gráficos estos caudales. Todo ello se incluye en hojas de cálculo Excel.

Finalmente, **se han analizado los hidrogramas medios mensuales y diarios** de cada una de las estaciones de aforos. Se ha observado que muchos de éstos hidrogramas se encuentran notablemente alterados con respecto a lo que sería de esperar en régimen natural y **se ha estudiado el motivo de ésta afección**. Para ello se ha realizado un estudio comparativo de los hidrogramas de cada estación afectada antes y después de los grandes aprovechamientos y las obras hidráulicas asociadas a ellos y finalmente, se ha evaluado cómo han sido alterados. Los principales factores de modificación del régimen fluvial natural de los ríos de la cuenca del Ebro son:

1) Los **embalses** modifican los regímenes hidrológicos naturales de los cauces que se encuentran aguas abajo de éstas obras de regulación. Esta modificación afecta a los caudales medios de los ríos si hay derivación del agua en torno a la presa y en todos los casos afectan a la modulación mensual. Generalmente esta modulación inducida por el embalse se caracteriza por la menor variabilidad de los caudales y la desaparición de los mínimos estivales del régimen natural. A veces incluso, el hidrograma mensual se invierte con el fin de servir los máximos caudales en verano para satisfacer los regadíos de la zona en el periodo de mayor demanda. Éste fenómeno es observable en cuencas como la del Ciurana, Matarraña, Guadalupe, Martín, Aguasvivas, Iregua y Najerilla.

2) En la mayoría de los ríos, **la detración del agua** hacia los canales de riego provoca una disminución del caudal en el cauce del río así como una alteración de la modulación diaria.

3) Los **retornos de los riegos** contribuyen a modificar el régimen natural de algunos ríos. Esta modificación supone valores de caudales más elevados de lo que sería de esperar respecto al régimen natural en los meses de riego (de mayo a septiembre). Se puede observar en los tramos bajos de los ríos Arba, Gállego y Cinca.

4) El **aporte de aguas** procedente de canales, como ocurre en el tramo final del río Huerva, que recibe aguas del Canal Imperial de Aragón, supone una alteración del hidrograma mensual así como un caudal medio notablemente mayor al que se esperaría en condiciones naturales. También se observa en el río Albercos aguas abajo del Embalse de González Lacasa.

5) Las derivaciones para los **aprovechamientos hidroeléctricos**, frecuentes en muchos ríos de la cuenca, generan una disminución del caudal en los cauces y una alteración de la modulación natural. En ocasiones, la regulación hidroeléctrica altera el régimen hidrológico con un ritmo semanal de tal manera que los domingos de cada semana el caudal se reduce de forma destacada porque éstos días no se turbinan con tanta intensidad dada la menor necesidad de consumo.