

OPTIMIZACIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE USOS DEL AGUA EN EL GUADALOPE MEDIO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

*Sobre la distribución temporal y espacial de los usos hídricos en el
Guadalope Medio: Análisis de alternativas.*

Estudio financiado mediante el Proyecto OTRI 2000/0264 de la Universidad de Zaragoza y
el V Concurso de Ayudas a la Investigación “Museo Mas de las Matas”

Zaragoza, diciembre de 2000

Bielsa Callau, Jorge

Duarte Pac, Rosa

Mainar Causapé, Alfredo José

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones, sin cuya colaboración no hubiera podido llevarse a cabo el presente estudio

- Grupo de Estudios Masinos
- Centro para el Desarrollo del Maestrazgo
- Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación de la Universidad de Zaragoza
- D. José Luis Laguarda, técnico del Sindicato Central de Riegos del Guadalopec
- D. Miguel Ángel Laguéns, presidente de la Comunidad de Regantes Expectantes del Canal de Calanda – Alcañiz
- D. Honorio Morlans, jefe de explotación de la cuenca del Guadalopec
- D. José Antonio Porcell, miembro de la junta de explotación de la cuenca del Guadalopec
- D. Antonio Rifaterra, presidente de la Comunidad de Regantes de Mas de las Matas
- D. Alfredo Tomás, jefe del Departamento Técnico de la Central Térmica de Andorra

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. EL GUADALOPE MEDIO: EL TERRITORIO FÍSICO Y HUMANO	7
3. MODELO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y CONCRECIÓN PARA EL GUADALOPE MEDIO	25
4. APLICACIÓN DEL MODELO. POSIBILIDADES DE GESTIÓN.....	33
5. CONCLUSIONES	51
APÉNDICE. Obtención y tratamiento de datos: la cocina del trabajo.	54
Bibliografía	59

RESUMEN

El objetivo de este estudio es análisis de las posibilidades de asignación del agua en el tramo del río Guadalope situado entre las presas de Santolea y Calanda (Nordeste de España, provincia de Teruel). Más concretamente, estamos interesados en estudiar diferentes modos de distribuir las reservas de agua en las presas y los flujos en el espacio y en el tiempo de los recursos hídricos del área de estudio indicando de forma preliminar los posibles beneficios de cada una de las alternativas. Dentro de esas posibilidades aparecen tres nuevos usuarios: una central hidroeléctrica, nuevos regadíos y la posibilidad de un caudal ambiental mínimo.

Para ese fin disponemos de la ayuda de un modelo teórico de representación y simulación hidrológica que permite incorporar gran cantidad de información hidrológica (recursos, requerimientos, embalses, etc.) y realizar simulaciones para distintos valores de las variables hidrológicas e institucionales.

El trabajo se pronuncia sobre la viabilidad hidrológica del sistema después de incluir los tres nuevos usuarios y sobre las posibilidades de negociación que aparecen a medida que se incrementa la presión humana sobre los recursos del río.

Palabras clave: Gestión del agua, Economía de los Recursos Naturales, negociación.

ABSTRACT

The aim of this paper is the analysis of the water management possibilities in the middle Guadalupe basin, between the Santolea and Calanda reservoirs (located in Teruel, North-eastern Spain). More precisely, we are interested in the study of different water reserves and streamflow allocations of water resources in the area, indicating the potential benefits of each time and space distribution in a preliminary way. Amongst these possibilities, we incorporate three new users, namely, a hydropower plant, new irrigation surfaces and a minimum environmental streamflow.

To this end, we count on a theoretical and water flow simulation model that allows to aggregate a bulk of information on water: resources, requirements, reservoirs...) and simulate from different water and institutional-related variables.

The work tell us about the system hydrologic feasibility once the new requirements are taken into account and the bargaining possibilities that emerge as the human pressure on the river resources is increasing.

Keywords: Water Management, Natural Resources Economics, Bargaining

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de las posibles alternativas de gestión hidrológica del Guadalope medio. Sin embargo, la gestión de un río no entiende de compartimentos estanco, tal y como tendremos ocasión de comprobar en las páginas que siguen. A pesar de ello, el interés central desde el principio fue clarificar y representar los usos y los recursos de agua en el tramo del río que se encuentra entre las presas de Santolea y Calanda, identificando posibles conflictos y proponiendo alternativas de negociación. Así, el ámbito geográfico que entendemos como curso medio del Guadalope se corresponde con los siguientes términos municipales: *Aguaviva, Bordón, Castellote, La Ginebrosa, Mas de las Matas, Las Parras de Castellote y Seno*.

Como puede comprobarse, estas localidades son usuarias del Guadalope y están fuertemente afectadas por la regulación del río a través de esos dos embalses. Podemos decir que el río discurre entre ambas presas con unos caudales que no tienen nada que ver con los que corresponderían a su discurrir natural ni en su cuantía ni en su distribución en el tiempo. Por esa razón, son estos núcleos los principales afectados, para bien o para mal, del juego conjunto de las dos obras de regulación cuyo objetivo primordial no es garantizar las demandas de los municipios citados sino los requerimientos del curso bajo del Guadalope (Caspé, Calanda, Alcañiz y Central Térmica de Andorra).

Concretando más, en este trabajo estamos interesados en estudiar diferentes modos de distribuir el agua en las presas y en los cauces del área de estudio indicando de forma preliminar los posibles beneficios de cada una de las alternativas. En particular, estamos interesados en estudiar las posibilidades existentes del rescate de una antigua concesión hidroeléctrica en Mas de las Matas y de garantizar unos caudales en el río más próximos a los naturales especialmente en la época de ausencia de regadíos.

No pretendemos realizar una valoración económica exhaustiva de los distintos cursos de acción, cuestión que excede con mucho de las posibilidades de un único trabajo. Más modestamente, pretendemos construir en primer lugar una representación simplificada del estado de los usos y los recursos disponibles en esta zona a fecha de hoy para poder después simular diferentes escenarios cambiando alguna de las variables climáticas o institucionales de partida.

Para ese fin disponemos de la ayuda de un modelo teórico de representación y simulación hidrológica así como su implementación informática elaborados por nosotros mismos y presentados en Bielsa y Duarte (2000). El modelo permite incorporar gran cantidad de información hidrológica (recursos, requerimientos, embalses, etc.) y realizar simulaciones para distintos valores de disponibilidades de agua, de prioridades en el uso, etc.

El trabajo se desglosa en tres partes bien diferenciadas. En un primer bloque presentamos el área de estudio remarcando sus principales características. A continuación introducimos el modelo teórico utilizado y su particularización para el territorio que nos ocupa. En el tercer y más extenso bloque ponemos en funcionamiento el modelo para estudiar los efectos de diversas posibilidades de gestión. Finalizamos con las implicaciones que sugiere este último punto en las conclusiones.

2. EL GUADALOPE MEDIO: EL TERRITORIO FÍSICO Y HUMANO

Una vez delimitado el objeto de estudio y las razones de esa elección, presentaremos sus características físicas y socioeconómicas a través de un conjunto de cuadros de cifras. No pretendemos realizar un estudio descriptivo muy detallado sino poder presentar una buena radiografía de la zona destacando aquellos aspectos que sean más característicos y deteniéndonos en los que representen situaciones anómalas o patológicas desde el punto de vista del desarrollo socioeconómico en general y de los aprovechamientos hídricos en particular. Por más que los rasgos principales de la zona se corresponden en general con los de la provincia de Teruel, no deja de ser ilustrativo conocer a fondo las cifras de población, de accesibilidad, climáticas y de actividad económica de los siete municipios.

La principal dificultad de esta primera parte ha consistido en desmarañar la intrincada estadística regional para obtener datos a nivel municipal y asignarlos con exactitud al área de estudio. Muchas bases de información proceden de encuestas realizadas y en no pocas ocasiones los datos se agrupan en unidades distintas del municipio. En la medida de lo posible, se ha tratado de reconstruir la información para ajustarla al formato que nos interesaba.

2.1 Datos físicos y climáticos

Desde el punto de vista de los aprovechamientos agrarios, principales usuarios del agua, la altitud, pendiente y distancia a centros de comercialización son aspectos importantes. Como era de esperar, la altitud media de nuestros municipios excede considerablemente la que recomendarían los agrónomos para la agricultura de regadío (por debajo de 400 m en latitudes como la de Aragón). Tampoco lo abrupto del terreno y la distancia a Teruel (otro tanto podríamos decir de Zaragoza) parecen indicar buenas posibilidades en esta zona, máxime teniendo en cuenta las comunicaciones que posteriormente presentaremos.

Características físicas del territorio

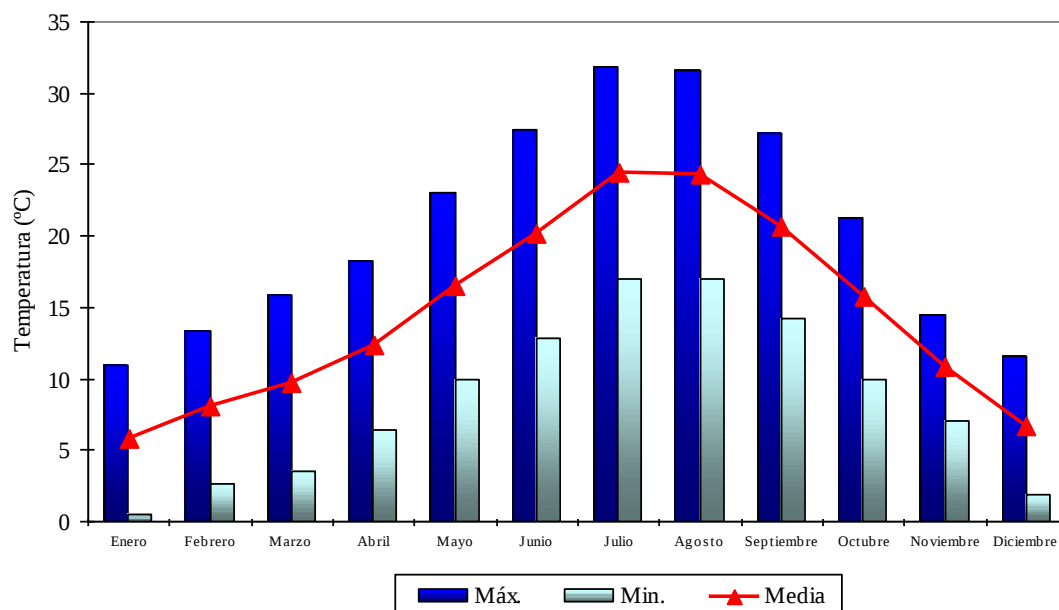
	Altitud (m)	Pendiente media (%)	Superficie (Km ²)	Distancia a Teruel (Km)
Aguaviva	549	7.88	42.2	149
Bordón	828	10.55	30.0	130
Castellote	774	4.89	233.2	155
Alagones, Los	772			
Abenfigo	527			
Crespol, El	816			
Cuevas de Cañart	791			
Dos Torres de Mercader	735			
Ladruñán	811			
Luco de Bordón	812			
Planas, Las	800			
Ginebrosa, La	702	8.20	80.1	159
Mas de las Matas	496	5.78	30.0	145
Jaganta	649	7.65	42.1	158
Parras de Castellote, Las	697			
Seno	792	7.59	17.9	158

Fuente: Nomenclator INE. IAE.

Los municipios incluidos en el estudio ocupan una superficie de 472,5 Km², siendo Bordón el núcleo situado a una mayor altura, con 828 metros, mientras que Mas de las Matas es el más bajo, con 496 metros, acercándose a la altitud recomendable para los cultivos. Este hecho condiciona fuertemente las posibilidades de desarrollo de regadíos en la zona que, como veremos, son en la actualidad realmente escasos.

Muy relacionado con el aspecto anterior, la altitud y el clima continental de la zona quedan reflejados en el gráfico de temperaturas medias. Como puede comprobarse en dicho gráfico, las temperaturas medias históricas en la zona de estudio oscilan entre los 5.8 °C de media en el mes más frío (enero) y los 24.3°C en el más cálido (agosto). Las variaciones térmicas entre el día y la noche son, por otra parte, muy acusadas en la zona. Resulta de interés para los cultivos el dato de la temperatura media, siendo ésta superior a 15 °C en 6 de los meses del año en la estación e Mas de las Matas. Por tanto, este es el municipio de la zona con mejores condiciones a priori para el desarrollo de cultivos.

Temperaturas medias históricas (°C). Estación meteorológica de Mas de las Matas

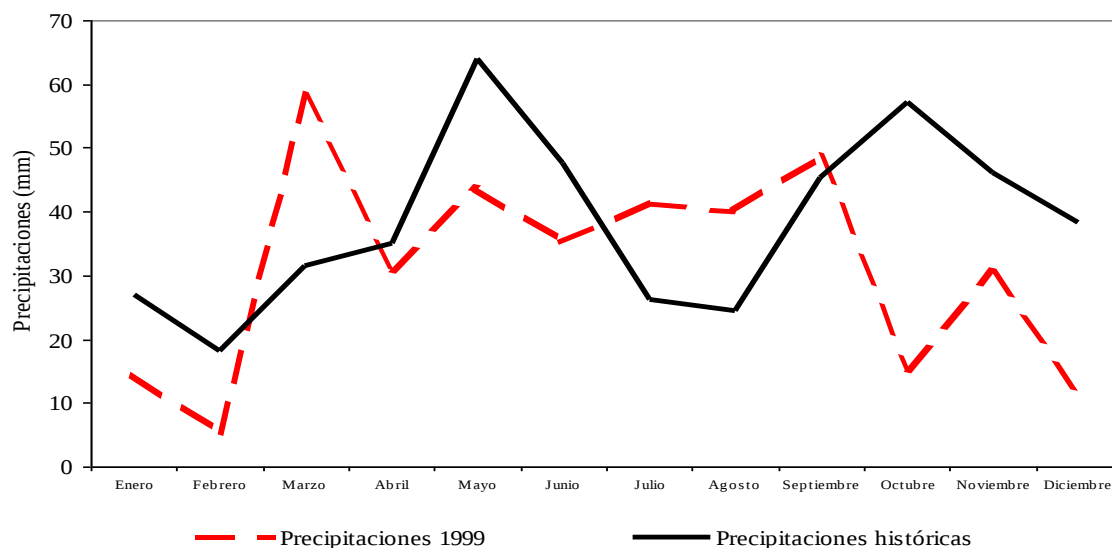


Fuente: I.N.M. (C.T. de A.R.N., C.P.V.-D.G.A.). Elaboración propia.

Por lo que se refiere a las precipitaciones medias históricas, se puede establecer que existen dos periodos de precipitaciones importantes uno correspondiente al otoño, entre los meses de septiembre y diciembre; y otro que comprende los meses de primavera, destacando especialmente el mes de Mayo.

Si superponemos sobre el gráfico de las medias históricas el correspondiente a las precipitaciones de 1999, podemos comprobar una gran disparidad en cuanto a su distribución en el tiempo. En efecto, aunque los valores anuales son similares, los meses de máxima precipitación parecen haberse adelantado en el tiempo, pasando de Mayo a Marzo en la primavera y de Octubre a Septiembre en el Otoño. Los datos más recientes no permiten realizar un estudio estadístico más riguroso, pero debemos tener presente que los estudios sobre el cambio climático apuntan a un cambio en el patrón de distribución temporal de las lluvias. Dejamos aquí este importante aspecto en espera de mayores avances en la investigación en este campo.

Precipitaciones medias históricas(mm). Estación de Mas de las Matas



Fuente: I.N.M. (C.T. de A.R.N., C.P.V.-D.G.A.). Elaboración propia.

2.2 La demografía: la historia de un éxodo

La población de los municipios directamente afectados por la estructura de regulación del tramo medio del río Guadalope, es un fiel reflejo de la situación general de la provincia de Teruel. Los casi 3.400 habitantes de los seis municipios considerados se reparten en poco más de 475 Km², lo que supone una densidad de población ligeramente superior a los 7 habitantes por Km², inferior incluso a la media de la ya de por sí despoblada provincia turolense (9,2 hab./Km²). Únicamente Mas de las Matas supera los 1.000 habitantes, suponiendo casi la mitad del total de la población de zona, como puede comprobarse en la tabla correspondiente.

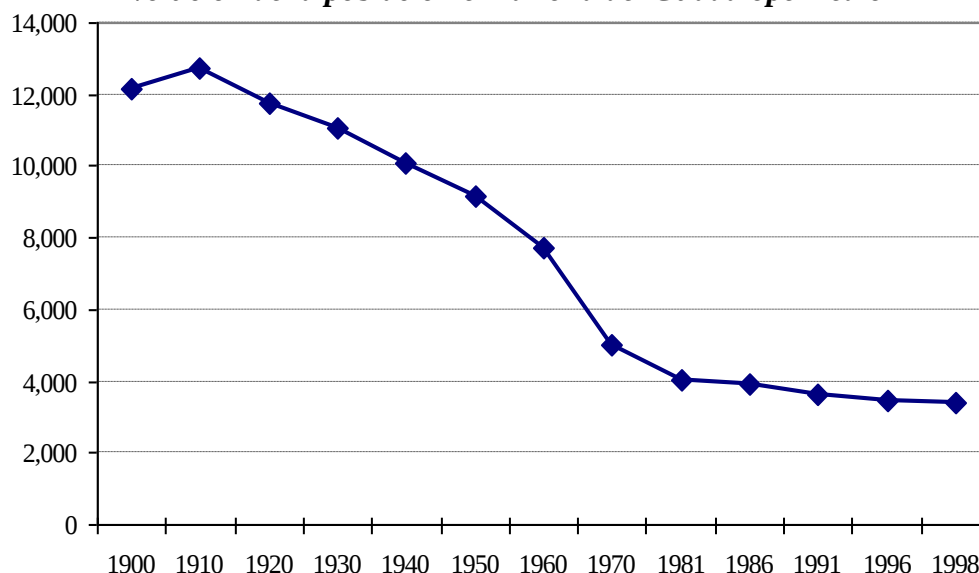
Como es bien conocido y consta en infinidad de estudios, la población de muchas comarcas de Teruel ha experimentado un brutal descenso a lo largo del siglo XX, encontrándose en la actualidad con unos indicadores de envejecimiento, natalidad y dinamismo verdaderamente preocupantes. Los siguientes datos muestran la evolución de la población en la zona a lo largo del último siglo.

Población total en los municipios estudiados. Distribución por sexos. 1998.

	Total	Hombres	Mujeres
Aguaviva	622	309	313
Bordón	145	79	66
Castellote	744	379	365
Ginebrosa, La	262	146	116
Mas de las Matas	1.478	750	728
Parras de Castellote, Las	94	50	44
Seno	53	26	27
Total	3.398	1.739	1.659

Fuente: INE.

Evolución de la población en la zona del Guadalepe medio



Fuente: INE. Elaboración propia.

En cuanto a su distribución por edades, la pirámide de población de la zona muestra un ensanchamiento de forma especial en su parte superior, lo que indica un claro envejecimiento de la población, siendo las personas de 65 ó más años casi un tercio del total. Asimismo es significativo el enorme hueco que han dejado los emigrantes en el área comprendida entre los 40 y los 60 años.

Esta estructura de edades no sólo es un problema de corto plazo, como es bien conocido, sino una bomba de relojería sobre las posibilidades de evolución, de dinamismo y de innovación en la comarca. Cualquier plan de desarrollo en esta zona debe tener como

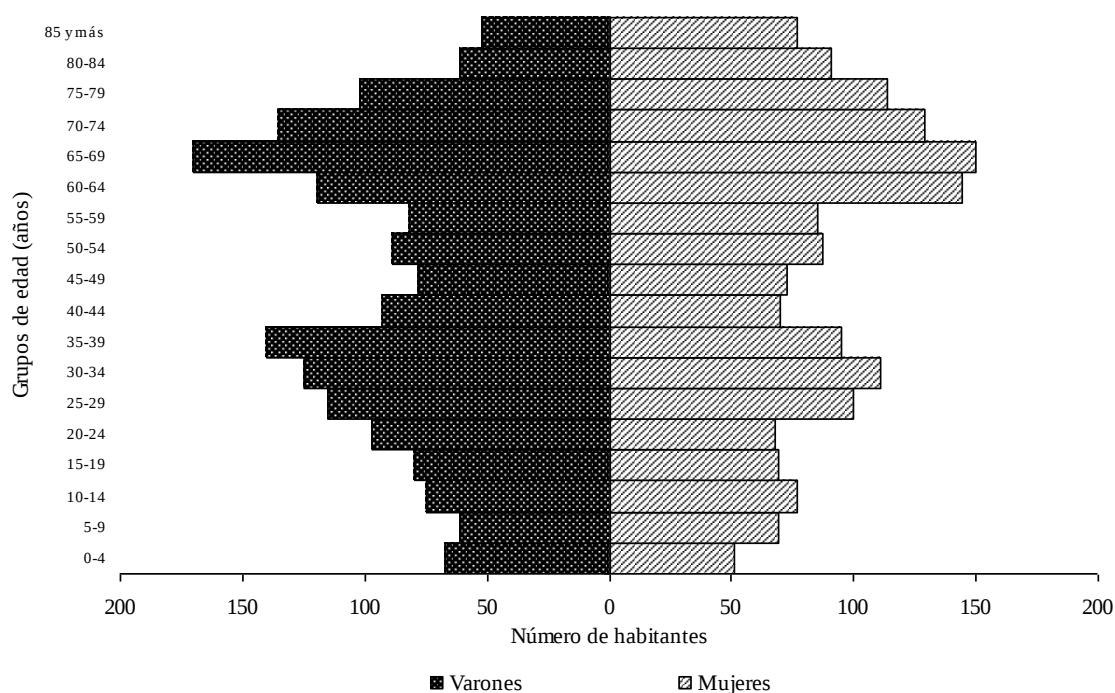
primer capítulo el correspondiente a “recursos humanos”, todo lo demás sería secundario. En este sentido, la importación de población de otras zonas o países parece la única alternativa para invertir la tendencia actual.

Distribución por grupos de edad de la población total

	Grupos de edad					
	0-14	15-24	25-34	35-44	45-64	65 ó más
Aguaviva	75	46	83	70	114	234
Bordón	20	11	25	12	31	46
Castellote	94	59	97	92	179	226
Ginebrosa, La	24	21	39	24	65	89
Mas de las Matas	181	166	190	186	331	424
Parras de Castellote, Las	4	6	10	10	20	44
Seno	2	5	7	4	17	18
Total	400	314	451	398	757	1.081

Fuente: INE.

Pirámide de población en el conjunto de los municipios considerados. 1998.



Fuente: INE. Elaboración propia.

Este envejecimiento de la población se comprueba también en la tasa bruta de crecimiento natural, que es negativa en la mayoría de los casos durante los últimos 20 años y de forma más significativa en el comienzo de la década de los 80. En el momento de

redactar este informe desconocemos el alcance y las causas de las esperanzadoras cifras de Castellote.

Tasa bruta de crecimiento natural. 1981 – 1997

	1981	1986	1991	1996	1997**
Aguaviva	-7.1	-12.2	-9.7	-1.1	-0.6
Bordón	19.2	0.0	-21.1	-0.7	-1.4
Castellote	-10.5	-8.9	-4.3	-1.5	0.3
Ginebrosa, La	-19.8	-9.5	0.0	-2.9	-1.1
Mas de las Matas	-1.3	-1.9	-5.3	-0.5	-0.5
Parras de Castellote, Las	-38.7	23.6	-28.8	-6.4	-3.7
Seno	0.0	-14.1	0.0	-1.8	-3.6

* *Tasa bruta de crecimiento natural* = ((nacimientos - defunciones) / población) x 1000

** *Se considera la población de 1996*

No creemos que sea necesario insistir más en este punto y preferimos pasar directamente a caracterizar el entramado productivo que se asienta en la zona.

2.3 Estructura económica y de empleo

Agricultura y Ganadería

La agricultura sigue siendo una parte fundamental de la economía de la zona, como demuestra que, en la década de los 90, prácticamente la mitad (concretamente el 46,4% en 1991) de la población activa de la zona se dedicaba a la realización de actividades agrarias, existiendo, además, un cierto grado de compatibilización con otras actividades económicas.

Porcentajes de población agraria por municipios

	% de población activa dedicada a la agricultura y/o ganadería
Aguaviva	56.9%
Bordón	73.8%
Castellote	36.3%
Ginebrosa, La	68.3%
Mas de las Matas	37.4%
Parras de Castellote, Las	80.6%
Seno	56.2%
Total	46.4%

Fuente: Censo de población y vivienda. 1991. INE.

Sin embargo, la proporción del territorio dedicada a la agricultura no es muy grande como puede verse en el siguiente cuadro. Sólo unas 9.000 de las casi 48.000 has. totales son roturadas, y de éstas, entre 1.200 y 1.500 son las que de una forma u otra son regadas.

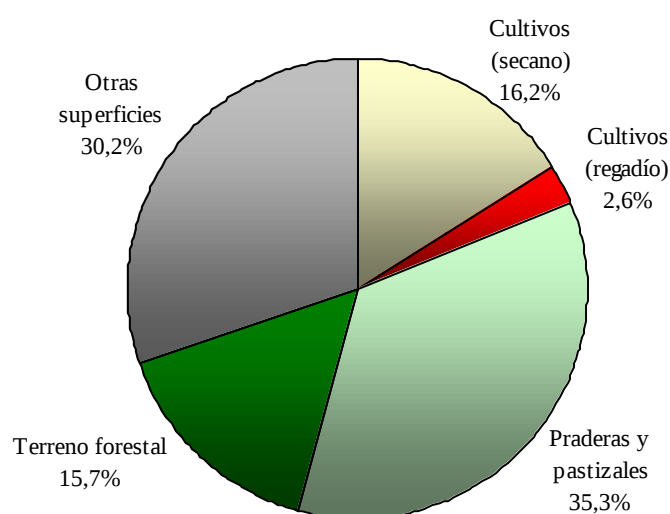
Ocupación del territorio (hectáreas). 1998.

	Aguaviva	Bordón	Castellote	Ginebrosa. La	Mas de las Matas	Parras de Castellote. Las	Seno	Total
TIERRAS CULTIVO	1.023	286	2.445	2.568	1.657	711	281	8.972
SECANO	710	237	2.030	2.356	1.435	711	254	7.733
REGADÍO	313	49	415	212	222	0	27	1.239
Tierras con cultivos herbáceos	550	100	701	1.104	687	207	74	3.423
Secano	293	87	621	983	527	207	67	2.785
Regadío	257	13	80	121	160	0	7	638
Barbechos y tierras no ocupadas	299	177	940	912	721	312	127	3.489
Secano	270	143	821	848	694	312	123	3.211
Regadío	29	34	119	64	27	0	4	278
Tierras con cultivos leñosos	174	9	804	552	249	192	80	2.060
Secano	147	7	588	525	214	192	64	1.737
Regadío	27	2	216	27	35	0	16	323
PRADERAS Y PASTIZALES	1.019	1.546	10.734	60	1.163	1.196	1.098	16.816
SECANO	923	1.546	10.695	0	1.114	1.196	1.085	16.559
REGADÍO	96	0	39	60	49	0	13	257
Prados naturales	96	0	434	60	49	0	13	652
Secano	0	0	395	0	0	0	0	395
Regadío	96	0	39	60	49	0	13	257
Pastizales	923	1.546	10.300	0	1.114	1.196	1.085	16.164
Secano	923	1.546	10.300	0	1.114	1.196	1.085	16.164
Regadío	0	0	0	0	0	0	0	0
T. FORESTAL	512	324	2.725	2.855	0	863	224	7.503
SECANO	501	323	2.701	2.849	0	863	223	7.460
REGADÍO	11	1	24	6	0	0	1	43
Monte maderable	11	90	744	1.251	0	0	1	2.097
Secano	0	89	720	1.245	0	0	0	2.054
Regadío	11	1	24	6	0	0	1	43
Monte abierto	0	234	1.130	200	0	863	110	2.537
Secano	0	234	1.130	200	0	863	110	2.537
Regadío	0	0	0	0	0	0	0	0
Monte leñoso	501	0	851	1.404	0	0	113	2.869
Secano	501	0	851	1.404	0	0	113	2.869
Regadío	0	0	0	0	0	0	0	0
OTRAS SUPERFICIES	1.634	843	7.526	2.549	193	1.475	185	14.406
Erial Pastos	1.481	599	3.227	2.331	0	1.449	120	9.207
Espartizal	0	0	954	0	0	0	6	960
Terreno improductivo	6	121	0	33	0	0	0	160
Superficies no agrícolas	147	92	2.765	125	93	26	56	3.304
Ríos y lagos	0	32	580	60	100	0	3	775
SUPERFICIE TOTAL	4.189	2.999	23.431	8.032	3.013	4.245	1.788	47.697
SECANO	3.768	2.949	22.952	7.754	2.742	4.245	1.747	46.158
REGADÍO	420	50	478	278	271	0	41	1.539

Fuente: Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A. Elaboración propia.

Visto en porcentajes, la distribución queda mucho más clara. El 18.8% de la superficie de los municipios objeto de estudio está dedicada al cultivo, siendo claramente mayoritaria la de secano, superando el 76% del total de las superficies cultivables. Destaca además la alta proporción disponible para pastos (pastizales y erial para pastos), que representan más del 50% del total. Visualmente queda patente la baja participación del regadío en el siguiente gráfico.

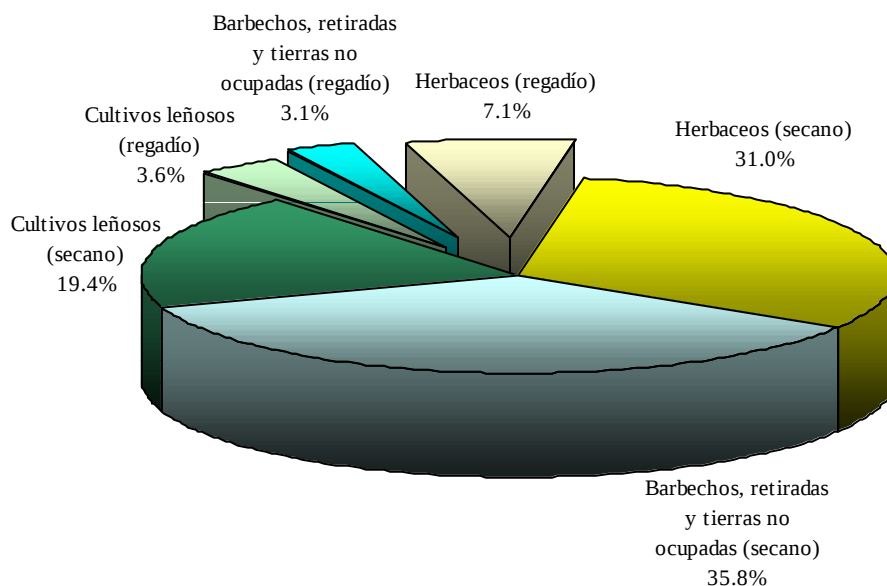
Ocupación del territorio en los municipios de la cuenca media del Guadalope. 1998.



Fuente: Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A. Elaboración propia.

Pero, ¿que siembran los agricultores en las tierras roturadas?. Los cultivos herbáceos, compuestos en este caso por un 95% de cereales (fundamentalmente cebada de secano), ocupan la mayor parte de las superficies de cultivo no destinadas a barbecho o retiradas, concretamente un 62,4% de ellas, correspondiendo el 37,6% restante a cultivos leñosos, básicamente frutales y olivar. Destaca, en cualquier caso, el alto porcentaje de tierras en barbecho, retiradas o sin ocupar, casi un 39% del total de la superficie de cultivo de la zona. Por tanto, los cultivos en regadío son fundamentalmente herbáceos, con un consumo mínimo de agua, con poco valor añadido y con escasa necesidad de mano de obra. Además, apenas existen frutales y productos hortícolas.

**Superficies ocupadas por cultivo en los municipios de la cuenca media del Guadalope.
1998.**



Fuente: Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A. Elaboración propia.

Superficies ocupadas por cultivo (hectáreas). 1998. (1)

	Aguaviva	Bordón	Castellote	Ginebrosa, La	Mas de las Matas	Parras de Castellote, Las	Seno	Total
Cereales	539	93	682	1,042	650	207	69	3,282
Secano	293	87	616	948	517	207	67	2,735
Regadío	246	6	66	94	133	0	2	547
Leguminosas	1	0	0	30	9	0	0	40
Secano	0	0	0	30	9	0	0	39
Regadío	1	0	0	0	0	0	0	1
Tubérculos	2	2	6	4	3	0	3	20
Secano	0	0	0	0	0	0	0	0
Regadío	2	2	6	4	3	0	3	20
Cult. Industriales	0	0	0	0	1	0	0	1
Secano	0	0	0	0	0	0	0	0
Regadío	0	0	0	0	1	0	0	1
Cult. Forrajeros	7	2	9	24	19	0	0	61
Secano	0	0	5	4	1	0	0	10
Regadío	7	2	4	20	18	0	0	51
Hortalizas	1	3	4	4	5	0	2	19
Secano	0	0	0	1	0	0	0	1
Regadío	1	3	4	3	5	0	2	18
Barbechos, retiradas y tierras no ocupadas	299	177	940	912	721	312	127	3,489
Secano	270	143	821	848	694	312	123	3,211
Regadío	29	34	119	64	27	0	4	278
HERBACEOS+ BARBECHOS+ RETIRADAS	849	277	1,641	2,016	1,408	519	201	6,912
SECANO	563	230	1,442	1,831	1,221	519	190	5,996
REGADÍO	286	47	199	185	187	0	11	916

Superficies ocupadas por cultivo (hectáreas). 1998. (2)

	Aguaviva	Bordón	Castellote	Ginebrosa, La	Mas de las Matas	Parras de Castellote, Las	Seno	Total
Frutales	40	6	348	351	105	90	44	984
Secano	15	4	246	324	70	90	38	787
Regadío	25	2	102	27	35	0	6	197
Viñedo	9	3	26	20	24	10	4	96
Secano	9	3	26	20	24	10	4	96
Regadío	0	0	0	0	0	0	0	0
Olivar	125	0	430	181	120	92	32	980
Secano	123	0	316	181	120	92	22	854
Regadío	2	0	114	0	0	0	10	126
CULTIVOS LEÑOSOS	174	9	804	552	249	192	80	2,060
SECANO	147	7	588	525	214	192	64	1,737
REGADÍO	27	2	216	27	35	0	16	323
SUPERFICIE DE CULTIVO	1,023	286	2,445	2,568	1,657	711	281	8,972
SECANO	710	237	2,030	2,356	1,435	711	254	7,733
REGADÍO	313	49	415	212	222	0	27	1,239

Fuente: Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A. Elaboración propia.

Por otra parte, el número total de explotaciones agrarias supera las 200 en toda la zona, por lo que, a falta de más información, el tamaño medio de cada unidad no puede considerarse grande.

En cuanto a la ganadería, el ganado porcino y el ovino son claramente mayoritarios, superando el primero las 38.000 cabezas y acercándose a 27.000 el segundo. También es muy importante la ganadería avícola, como demuestran las más de 210.000 plazas de pollos de cebo existentes en 1997.

Censos ganaderos (dic-97)

	Aguaviva	Bordón	Castellote	Ginebrosa, La	Mas de las Matas	Parras de Castellote, Las	Seno	Total
Cerdas madres	2,102	1,430	586	723	1,843	0	0	6,684
Cerdos de cebo	9,250	4,950	6,350	4,653	6,303	0	0	31,506
Vacas de ordeño	0	0	0	0	43	0	0	43
Vacas de vientre	1	20	131	0	6	0	0	158
Bovinos de cebo	205	0	133	0	550	0	0	888
Ovejas madres	2,227	2,903	7,613	7,701	3,508	1,779	966	26,697
Cabras madres	72	343	62	559	18	55	7	1,116
Conejas reproductoras (sept-97)	1,016	0	1,295	1,016	3,357	305	0	6,989
Pollos de cebo (plazas)	0	0	12,035	93,000	70,060	35,000	0	210,095

Fuente: Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A.

2.4 Industria y Servicios

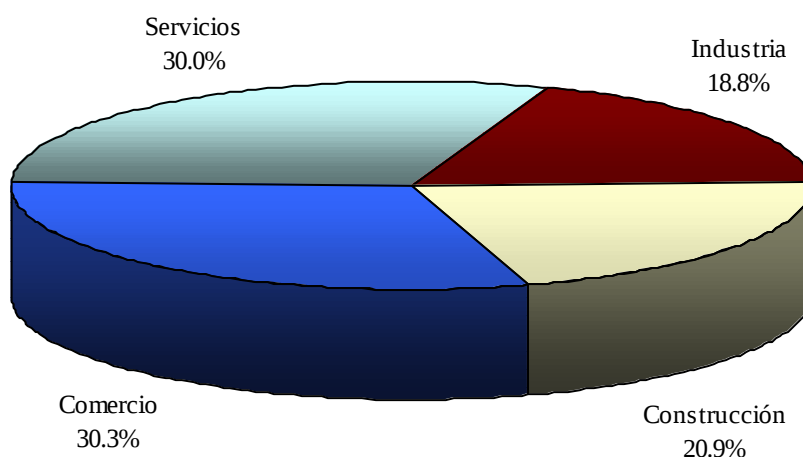
El comercio y los servicios suponen más del 60% de las actividades económicas, no agrícolas ni ganaderas, que se realizan en los municipios estudiados. Como puede comprobarse en el gráfico, las actividades industriales no tienen un excesivo peso; las licencias correspondientes no alcanzan el 20% del total.

Licencias fiscales (sectores secundario y terciario). 1998.

	Industria	Construcción	Comercio	Servicios	Total
Aguaviva	13	19	19	18	69
Bordón	2	2	1	1	6
Castellote	9	9	20	29	67
Ginebrosa, La	6	4	4	4	18
Mas de las Matas	27	31	51	44	153
Parras de Castellote, Las	2	1	2	0	5
Seno	1	1	0	0	2
Total municipios	60	67	97	96	320

Fuente: Anuario Económico de Aragón, Cámaras de Comercio.

Distribución de licencias fiscales (sectores secundario y terciario) en los municipios considerados. 1998.



Fuente: Anuario Económico de Aragón, Cámaras de Comercio. Elaboración propia.

No obstante, en un intento de favorecer el desarrollo económico de la zona, se han desarrollado tres polígonos industriales en la misma, como indicaremos en el apartado de infraestructuras.

En cuanto a la explotación de actividades turísticas, los municipios considerados se encuentran prácticamente en la zona del Maestrazgo, la cual está siendo promocionada por las instituciones, siendo un destino turístico con interesantes posibilidades de desarrollo. La capacidad de alojamiento en los municipios estudiados puede resumirse en la siguiente tabla:

Servicios de alojamiento en municipios de la zona objeto de estudio. 1998.

	Hoteles, hostales y pensiones		Viviendas de turismo rural		Campings y áreas de acampada
	Nº	Plazas	Nº	Hab./Apart.	Plazas
Aguaviva	1	23	---	---	---
Castellote	1	24	4	12	310
Mas de las Matas	---	---	2	7	---
Parras de Castellote, Las	---	---	2	4	---
Total	2	47	8	23	310

Fuente: Guía de Servicios turísticos de Aragón 1998. D.G.A.

1.5 Empleo

La evolución del problema del desempleo ha sido, en los municipios de la zona estudiada, muy similar a la de todo el país, existiendo un claro crecimiento del número de parados durante los últimos años de la década de los 80, manteniéndose esta tendencia durante los primeros de la década siguiente. A partir de 1995-96 se observa un decrecimiento del paro que se mantiene hasta los primeros meses del año 2000.

Esta tendencia de crecimiento del empleo en los últimos años se ve corroborada por el aumento de afiliados al Régimen General de la Seguridad Social, que aumentó en 42 personas entre abril de 1998 y marzo de 2000.

La tasa de paro puede considerarse baja, pero este es un indicador, junto con la renta per cápita, que falsean más que aclaran la verdadera situación de este tipo de zonas con estructura demográfica tan particular. Esta es la razón por la que la provincia de Teruel no aparece como un área de atención especial para la obtención de fondos europeos. Es una asignatura pendiente el desarrollo de nuevos indicadores más realistas que recojan las verdaderas necesidades de los territorios con poblaciones muy escasas y envejecidas.

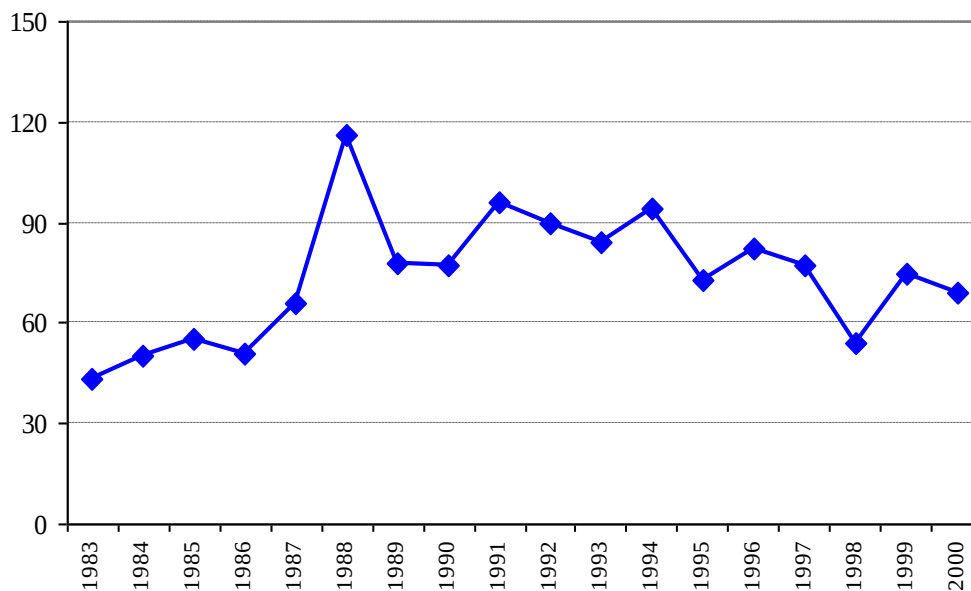
Evolución del paro registrado. 1983-2000.

	Aguaviva	Bordón	Castellote	La Ginebrosa	Mas de las Matas	Las Parras de Castellote	Seno	Total
1983	6	0	13	8	15	0	1	43
1984	8	0	16	3	22	1	0	50
1985	5	0	20	4	22	3	1	55
1986	6	1	19	4	19	1	1	51
1987	8	1	19	3	33	1	1	66
1988	21	2	40	8	40	2	3	116
1989	6	1	33	5	31	1	1	78
1990	10	2	23	4	37	1	0	77
1991	4	2	56	3	31	0	0	96
1992	5	5	35	3	40	1	1	90
1993	8	1	22	5	47	1	0	84
1994	12	0	36	7	37	1	1	94
1995	10	1	17	6	36	3	0	73
1996	6	4	27	3	39	3	0	82
1997	12	2	29	3	30	1	0	77
1998	5	5	23	2	17	2	0	54
1999	15	2	23	1	30	4	0	75
2000	17	2	22	3	22	3	0	69

Nota: Los datos son los correspondientes al 31 de marzo de cada año.

Fuente: INEM, IAE.

***Número de desempleados de los municipios estudiados registrados en el INEM.
1983-2000***



Fuente: INEM, IAE. Elaboración propia.

Número de afiliados a la Seguridad Social (Régimen General)

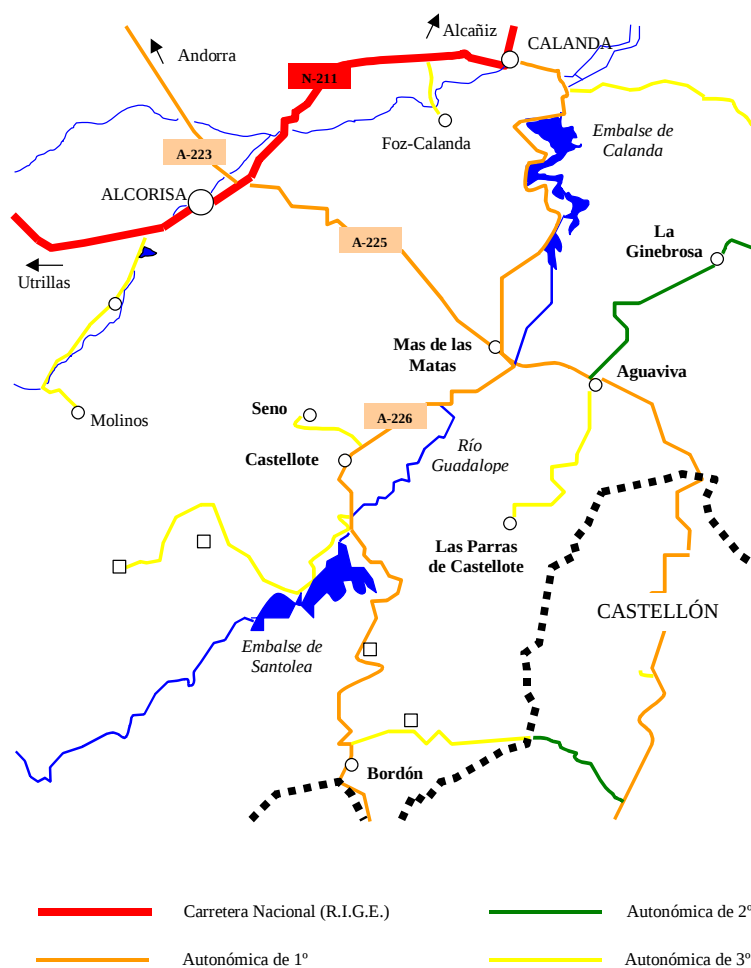
	abril - 1998	marzo - 1999	marzo - 2000
Aguaviva	49	49	62
Bordón	10	10	5
Castellote	36	46	46
Ginebrosa, La	7	5	6
Mas de las Matas	196	211	222
Parras de Castellote, Las	1	1	1
Seno	2	1	0
Total	301	323	342

Fuente: Tesorería General de la Seguridad Social. Explotación: Instituto Aragonés de Estadística

2.6 Infraestructuras

Comunicaciones

Red de carreteras en la zona del Guadalope medio



Fuente: Mapa de Carreteras de España. Elaboración propia.

Dotación de Equipamientos en los municipios

Principales índices de equipamientos locales. 1995.

	Capacidad de los depósitos de agua	Recogida de residuos sólidos	Extensión pavimentación vías públicas	Alumbrado público	Instalaciones deportivas
Aguaviva	51	100	87	101	262
Bordón	47	0	98	67	24
Castellote	42	100	97	103	73
Mas de las Matas	112	100	89	70	93
Parras de Castellote, Las	38	100	93	65	0
Seno	50	100	98	166	250

Nota: No se dispone de los datos referidos al municipio de La Ginebrosa.

Fuente: Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales. Elaboración propia.

Valores de referencia:

Índice	Valor 100
Capacidad de los depósitos de agua	250 l/hab. x 3 días
Recogida de residuos sólidos	Servicio a toda la población
Extensión de pavimentación de vías públicas	Todas las vías pavimentadas
Alumbrado público	Ausencia de déficit (Punto de luz cada 25 mts.)

Líneas telefónicas y vehículos en servicio durante 1998

	Nº de Líneas	Nº de vehículos
Aguaviva	312	316
Bordón	51	89
Castellote	249	510
Ginebrosa, La	111	143
Mas de las Matas	539	745
Parras de Castellote, Las	69	50
Seno	36	28

Fuentes: Telefónica (Relaciones Institucionales).

Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior

Número de oficinas de entidades financieras. Junio 1998.

	Cajas de Ahorro	Cajas Rurales	Bancos	Total
Aguaviva	1	1	0	2
Castellote	1	1	0	2
Ginebrosa, La	0	1	0	1
Mas de las Matas	2	1	1	4
Total municipios	4	4	1	9

Fuente: Libro Verde de Entidades Financieras, Jun'98 (CTD). Elaboración propia.

Como puede verse, la dotación de infraestructuras y equipamientos en el ámbito municipal no es escasa. Otra cosa bien distinta es la existencia de unos servicios públicos y privados y de su accesibilidad, sobre los que no disponemos de información.

Uno de los aspectos más peculiares de la comarca es la abundante presencia de polígonos industriales bien equipados aunque con una baja tasa de ocupación. Si no existe más industria en la zona, esto no se debe a la carencia de estas instalaciones. Veamos en detalle las características de estos polígonos.

Características básicas de los polígonos industriales (Datos actualizados al año 1998.)

	Aguaviva	Castellote	Mas de las Matas
Nombre	<i>Área Industrial San Gregorio</i>	<i>La Foya</i>	<i>Área Industrial Mas de las Matas</i>
Localización	A-225	A-226	A-226
Promotor	Ayto. de Aguaviva	Manc. Portal Maestrazgo	Ayto. de Mas de las Matas
Distancia de Zaragoza	138 Km	135 Km	136 Km
Distancia de Teruel	133 Km	110 Km	111 Km
Superficie total	55.810 m ²	76.235 m ²	19.453 m ²
Superficie total (parcelas)	24.453 m ²	22.213 m ²	10.323 m ²
Parcelas	7	9	18
Parcelas libres	5	8	15
Parcela mínima	500 m ²	500 m ²	375 m ²
Parcela máxima	5.250 m ²	500 m ²	1.060 m ²
Precio medio de venta (m²)	100	500	1.325
Red telefónica	Sí	Sí	No
Acometida de agua	Sí	Sí	Sí
Suministro eléctrico	Sí	Sí	No
Suministro de gas	No	No	No
Estación de ferrocarril más cercana/distancia	Caspe/ 65 Km	Caspe/ 75 Km	La Puebla de Híjar /61 Km
Aeropuerto más cercano/distancia	Zaragoza/ 138 Km	Zaragoza/ 135 Km	Zaragoza/ 136 Km
Puerto más cercano/distancia	Tarragona/ 168 Km	Tarragona/ 191 Km	Tarragona/ 174 Km

Fuente: Instituto Aragonés de Fomento. Elaboración propia.

A modo de resumen, las páginas anteriores revelan unos puntos débiles y fuertes. Empezando por los primeros, son claramente la estructura y cantidad de la población y de las comunicaciones (como puede verse en la lejanía de carreteras nacionales, autovías y/o ferrocarriles) mientras que la comarca apunta hacia el desarrollo del turismo y cuenta con buenas infraestructuras industriales subutilizadas. Es en este contexto en el que debe verse la posible instalación de una minicentral hidroeléctrica en Mas de las Matas y la posible mejora de los caudales de compensación entre las presas de Santolea y Calanda. No estaríamos hablando de bienes de lujo sino de dos elementos más con los que iniciar el despegue de esta comarca. En ambos casos se corresponden con valores en alza: la búsqueda de fuentes de energía limpias y económicas y la existencia de atractivos turísticos junto con la preservación de valores naturales.

Como aparecerá en diversas ocasiones durante el trabajo, estos dos objetivos (minicentral alimentada con agua derivada del cauce y caudal ecológico) son contradictorios entre sí durante un tramo significativo del río, por lo que el agua que sería necesario proporcionar para uno de los usos no sirve para el otro. Este hecho lleva a algunos autores a cuestionar el carácter de “limpia” de la energía hidroeléctrica por cuanto en general altera los flujos del río tanto en su volumen (como es el caso) como en su distribución en el tiempo. Sin embargo, en el haber de la energía hidroeléctrica debe constar su nula emisión de gases de efecto invernadero y, particularmente en el caso que nos ocupa, la posibilidad de que sus beneficios redunden en la zona si la propiedad de la instalación corresponde de forma repartida a los habitantes de la misma en forma de menores facturas de electricidad (incentivo para la instalación de pequeñas empresas).

3. MODELO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y CONCRECIÓN PARA EL GUADALOPE MEDIO

3.1 Introducción

La clasificación tradicional entre usos consuntivos (que consumen físicamente agua) y no consuntivos (que usan agua pero no la consumen), deja algunos cabos sueltos que es preciso revisar. De hecho, la creciente competencia por los recursos hídricos escasos ha revelado que determinados usos, tradicionalmente considerados como “no consuntivos”, deben considerarse como “consuntivos” si tenemos en cuenta la dimensión espacial y temporal que lleva asociada el uso del agua.

Así, los retornos de los regadíos no son un uso consuntivo pero vuelven a los ríos en lugares en los que ya no pueden ser reutilizados. En el caso de la producción hidroeléctrica, es cada vez más patente que el agua de los embalses que es turbinada en otoño e invierno, deja de estar disponible para el riego en primavera y verano (ver Houston y Whittesey, 1986).

Por tanto, el aumento de la eficiencia de riego o una menor turbinación son dos formas de disponer de más agua para el riego y, a la inversa, unas mayores demandas para turbinación o para aumentar los caudales circulantes por el río pueden satisfacerse mediante una mayor eficiencia en el riego o mediante la disminución de la superficie regada.

Este *trade-off* entre usos consuntivos y no consuntivos pone de manifiesto una de las características que definen la calidad del agua señaladas por Naredo y Gascó (1994): el lugar espacial en que se encuentra o, en términos más precisos, la altitud sobre el nivel del mar. En este contexto, el agua turbinada en invierno desaparece del área de influencia del embalse por lo que deja de estar disponible en verano.

Como señalan Randall (1981) o Sumpsi et al. (1998), la rigidez del sistema de concesiones basado en reglas y acuerdos administrativos impide la negociación entre las partes interesadas de forma que puedan alcanzarse acuerdos que podrían ser beneficiosos para todos.

En el caso de la competencia entre usos agrícolas e hidroeléctricos, Butcher y Wandschneider (1986) repasan la enorme complejidad de la legislación y los sistemas concesionales y la larga y costosa batalla legal que enfrenta a ambos usuarios en el río Columbia (Noroeste de EEUU). Como una solución a ese conflicto, los autores señalan posibles vías de negociación y los beneficios económicos que se obtendrían.

Como hemos señalado en la introducción, en esta parte del trabajo queremos realizar el paso previo a la definición de esas hipotéticas negociaciones entre los usos de agua que demandan el agua en el río y los que pretenden derivarla de él. Este esquema debe mostrar las relaciones entre los usuarios de un embalse y los recursos con los que cuenta el río.

Por tanto, nuestro interés estará centrado en esta primera fase en mostrar con claridad el conflicto por el uso de los recursos mediante una representación dinámica de un sistema de dos embalses del que dependen un conjunto de usuarios urbanos, agrícolas e hidroeléctricos, y en el que existen unas demandas medioambientales o lúdicas en forma de caudales mínimos en el río. Pero todo lo anterior sólo puede conseguirse si el modelo permite la simulación de diferentes condiciones climáticas e institucionales para valorar los posibles beneficios y costes de cada alternativa.

Como veremos, la irregularidad de las aportaciones, el sistema concesional preexistente y la dimensión del embalse son variables que influyen directamente en las posibilidades de acuerdo entre las partes.

3.2 El modelo de partida

El modelo que planteamos debe adaptarse a las características geográficas concretas de nuestra área de estudio por lo que plantearemos simultáneamente el esquema teórico y su aplicación a la distribución real de los usos y los recursos del Guadalepe medio. Los puntos de entrada y salida del sistema son, respectivamente, los dos embalses (Santolea y Calanda). De esas presas dependen un conjunto de usos que quedan vinculados entre sí por su situación geográfica y por el orden de prioridades de uso establecido por la ley¹. La estructura geográfica con cierto grado de detalle queda reflejada en el Croquis 1.

Los usuarios se clasifican, por orden de prioridad, en:

Grupo 1,2: Abastecimientos urbanos (1) y caudal de compensación (2)

Grupo 3: Regadíos

Grupo 4: Central Térmica de Andorra

Grupo 5: Centrales hidroeléctricas

En cuanto a la notación, los niveles de concesión y uso efectivo se denotan por $C_{k,t,j}$, y $U_{k,t,j}$, con $k= 1, 2, 3, 4$ y 5 tipos de uso, $j=1,2$ sistemas y $t= 1,2$ subperiodos (T1, T2).

$R_{j,t}$ es el nivel de reservas de agua en el embalse del sistema j al final del periodo t .

$V_{j,t}$ son las disponibilidades de agua del sistema j en el periodo t y se corresponden con la siguiente expresión:

$$V_{j,t} = R_{j,t-1} + A_{j,t} + A_{j-1,t} - R_{j-1,t} - (1-r_{j-1})U_{3j-1,t}$$

¹ Cuestión que dista mucho de ser clara. En la práctica, se sigue la “jurisprudencia” de las costumbres de gestión establecidas por la Confederación Hidrográfica del Ebro. institución actúa más como planificador central con plenos poderes que como árbitro de conflictos, por lo que las prioridades iniciales deben contemplarse en función de lo que ha venido ocurriendo “de facto” en la zona. En última instancia, este organismo responde a su vez a un complejo equilibrio de fuerzas e intereses que conviven en su seno, por lo que serían los tribunales los encargados de dirimir los conflictos en caso de no existir acuerdos. La Ley plantea un orden de prioridades que coloca en primer lugar a los abastecimientos urbanos y suele citar a continuación a la agricultura. Sin embargo, el ordenamiento jurídico dista mucho de ser claro en cuanto al lugar que ocupa el caudal de compensación o caudal ecológico. Respecto a las concesiones hidroeléctricas, suelen figurar como un uso subsidiario aunque nuevamente la fuerza de los hechos hace cuestionar este planteamiento: en diversas ocasiones las empresas hidroeléctricas han sido fuertemente indemnizadas por liberar caudales para usos agrarios. Es lo que acabó ocurriendo en el Noguera Ribagorçana en el famoso Pacto de Piñana y lo que se plantea como vía para liberar caudales de Mequinenza con los que satisfacer el polémico trasvase del Ebro. En resumen, la situación legal-administrativa de las concesiones el área de estudio daría para un largo estudio por parte de especialistas en la materia. Por tanto, sólo los acuerdos o convenios voluntarios y elevados al organismo competente podrían sortear la maraña administrativa acumulada con el paso del tiempo. Como citábamos en la introducción, Butcher y Wandschneider (1986) muestran como un país mucho más joven que el nuestro ha acumulado la suficiente cantidad de normas y contranormas como para impedir cualquier solución fácil a un conflicto de asignación entre los regadíos y las hidroeléctricas.

donde A_{jt} son las aportaciones en t al sistema j y r_{j-1} es la tasa de retorno de los regadíos situados en el sistema anterior.

La asignación de agua a los diferentes usos debe ser tal que se respete el orden de prioridades y que se intente, en la medida de lo posible, satisfacer al máximo las concesiones antes de pasar el agua al siguiente uso en el *ranking* de preferencias. Así, las restricciones de prioridad que determinan el volumen de agua usado por cada uno en el caso de que todos los usos sean rivales sería la siguiente:

$$U_{12jt} = \text{Min} \{C_{12jt}, V_{jt}\}$$

$$U_{3jt} = \text{Min} \{C_{3jt}, \text{Max} [0; V_{jt} - U_{12jt} - U_{12j+1,t}]\}$$

$$U_{4jt} = \text{Min} \{C_{4jt}, \text{Max} [0; V_{jt} - U_{12jt} - U_{12j+1,t}]\}$$

$$U_{5jt} = \text{Min} \{C_{5jt}, \text{Max} [0; V_{jt} - \sum_{j=1,2} U_{12jt} - \sum_{j=1,2} U_{3jt} - \sum_{j=1,2} U_{4jt}]\}$$

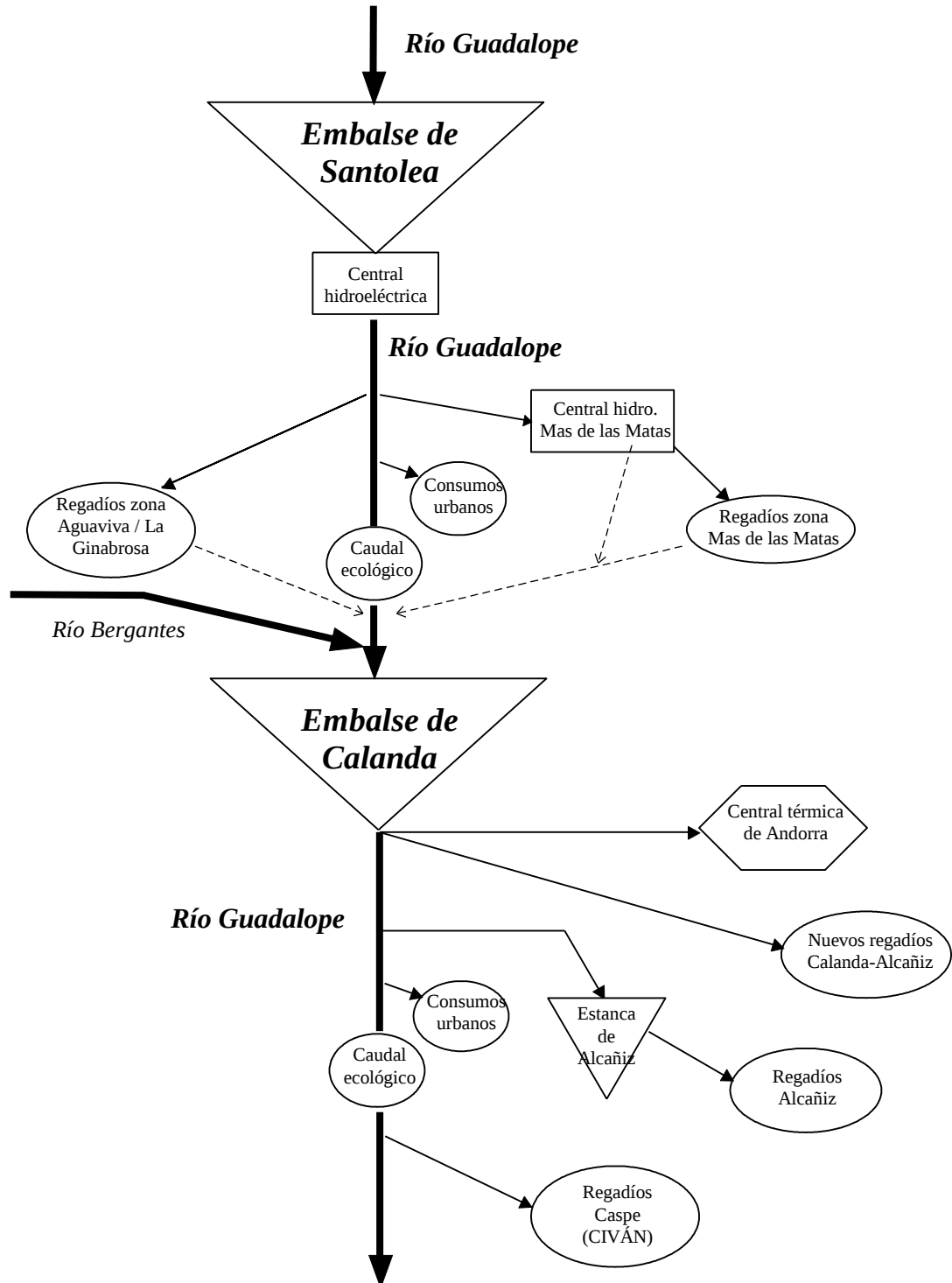
Las cuatro restricciones anteriores expresan el orden de prioridad preestablecido en cada periodo, de forma que la numeración en el uso expresa también el lugar que éste ocupa dentro de la lista de candidatos. Así, el agua disponible por cada usuario es la que le dejan los usos preferentes que además son rivales de éste. El cero dentro del máximo aparece simplemente para impedir que se le adjudiquen valores negativos a un uso. La función de mínimo exterior garantiza que no asignaremos a ningún usuario un volumen de agua por encima de su concesión.

Pero este no es nuestro caso por cuanto los usos hidroeléctricos en verano son perfectamente compatibles con los regadíos, esto es, existen múltiples posibilidades de usos no rivales o sucesivos que el modelo debe tener en cuenta a la hora de asignar el agua.

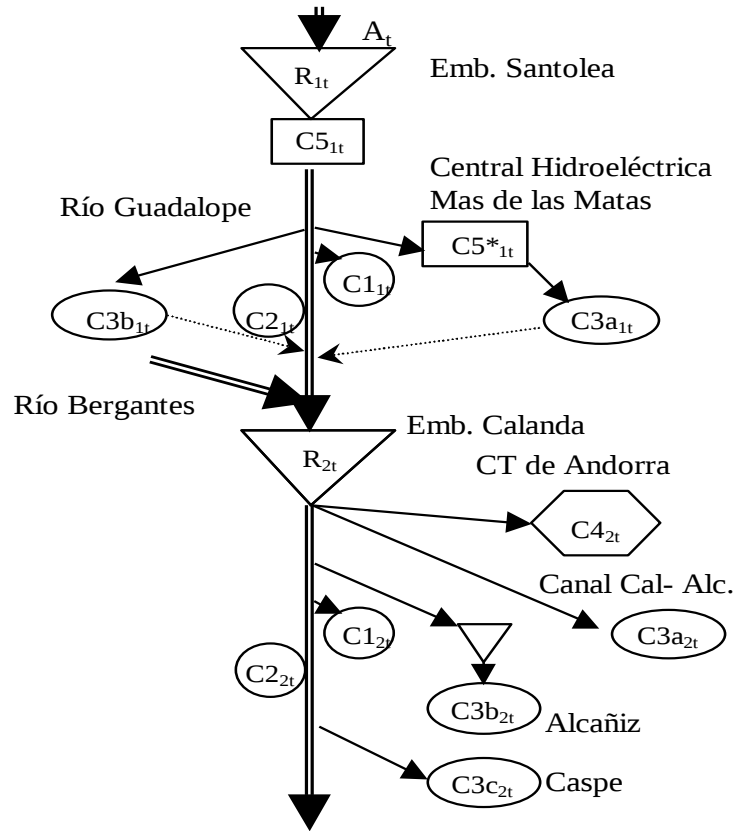
La estructura simplificada del modelo hidrológico y las variables más relevantes aparecen en el croquis 2:

CROQUIS 1

Esquema básico para el análisis del funcionamiento de la cuenca del Guadalope medio



CROQUIS 2



El sistema de restricciones que corresponde al caso que nos ocupa es el siguiente:

$$U_{12jt} = \min \{ C_{12jt}, V_{jt} \} \quad (1)$$

$$U_{3jt} = \min \{ C_{3jt}, \max [0; V_{jt} - U_{12jt} - U_{12j+1,t}] \} \quad (2)$$

$$U_{4jt} = \min \{ C_{4jt}, \max [0; V_{jt} - U_{12jt} - U_{12j+1,t}] \} \quad (3)$$

$$U_{5jt} = \min \{ C_{5jt}, \max [0; V_{jt} - R_{jt}] \} \quad (4)$$

$$U_{5*jt} = \min \{ C_{5*jt}, \max [0; V_{jt} - R_{jt} - \max [U_{121,t}; U_{121,t}] - U_{3b1,t}] \} \quad (5)$$

El funcionamiento conjunto de estas restricciones determina la asignación de agua a cada uso. Como puede verse en las ecuaciones anteriores, cada uso queda limitado a las disponibilidades que le dejan los prioritarios, pudiendo alcanzar como máximo el valor de su concesión. Del mismo modo, el agua necesaria para dos usos rivales consuntivos es la suma y para dos usos sucesivos es el máximo de ambos.

Como podemos comprobar, la turbinación en la minicentral de Mas de las Matas ($U5^*_{1t}$) se establece como un uso subsidiario de los demás y tiene como usos rivales el caudal ambiental que deseemos dejar en el río ($\text{Max} [U12_{1,t}; U12_{1,t}]$) y el caudal derivado a los regadíos y al municipio de Aguaviva ($U3b_{1,t}$).

Las reservas (R_{jt}) siguen la dinámica marcada por los usos anteriores, creciendo sólo cuando están satisfechos los usos 1 a 5. Sin embargo, en los meses de invierno, el almacenamiento de agua en el embalse puede ser prioritario a la turbinación (usos 4 y 5) o no serlo. Así las reservas obedecen a la siguiente expresión en cada caso:

Caso 1: Turbinación subsidiaria de la acumulación de reservas:

$$R_{1t} = \text{Min} \{ R^{\text{max}}; \text{Max} \{ V_{1t} - C12_{1t} - C3a_{1t} - C3b_{1t} - \text{Max} [0; C12_{2t} + \sum_{a,b,c} C3_{it} + C4_{2t} - R_{2t-1} - A_{2t}] ; \text{Min} \{ R^{\text{min}}; \text{Max} [0; R_{2t-1} + A_{2t} + V_{1t} - \sum_i U12_{it}] ; V_{1t} - U12_{1t} \} \} \} \quad (6)$$

$$R_{2t} = \text{Min} \{ R^{\text{max}}; \text{Max} \{ V_{2t} - C12_{2t} - \sum_{a,b,c} C3_{it} + C4_{2t}; \text{Min} [R^{\text{min}}; V_{2t} - U12_{2t}] \} \} \quad (7)$$

Caso 2: Turbinación prioritaria a la acumulación de reservas:

$$R_{1t} = \text{Min} \{ R^{\text{max}}; \text{Max} \{ V_{1t} - \text{Max} [C41t; C12_{1t} - C3a_{1t} - C3b_{1t}] - \text{Max} [0; C12_{2t} + \sum_{a,b,c} C3_{it} + C4_{2t} - R_{2t-1} - A_{2t}] ; \text{Min} \{ R^{\text{min}}; \text{Max} [0; R_{2t-1} + A_{2t} + V_{1t} - \sum_i U12_{it}] ; V_{1t} - U12_{1t} \} \} \} \quad (8)$$

$$R_{2t} = \text{Min} \{ R^{\text{max}}; \text{Max} \{ V_{2t} - C12_{2t} - \sum_{a,b,c} C3_{it} + C4_{2t}; \text{Min} [R^{\text{min}}; V_{2t} - U12_{2t}] \} \} \quad (9)$$

donde R^{max} y R^{min} son, respectivamente, las reservas máxima y mínima que el embalse puede almacenar.

Los dos casos que acabamos de plantear son muy relevantes en el problema de asignación que nos ocupa por cuanto corresponden a dos planteamientos bien diferentes de la gestión de recursos de la subcuenca. En el primero de ellos, que como veremos más adelante es el que según la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante CHE) se está utilizando, las turbinas instaladas tanto a pie de presa en Santolea como la de Mas de las Matas se supeditan totalmente al objetivo de almacenar agua para la época de riego y sólo podrán aprovechar el caudal ecológico en el caso de pie de presa y posibles excedentes sobre dicho caudal para el caso de la central de Mas de las Matas.

Por contra, en el segundo caso, que como veremos se corresponde más con los caudales que en la práctica está desembalsando Santolea, las concesiones del uso hidroeléctrico de pie de presa en invierno se están respetando por lo que la turbinación en Mas de las Matas, que es uso sucesivo del anterior, podría aprovecharse de esos desembalses en la medida de que, tal y como ocurre ahora, el agua turbinada en Santolea es claramente superior al caudal ecológico establecido por la CHE.

Es preciso señalar aquí que todo lo anterior se refiere a volúmenes totales a lo largo de periodos bastante amplios, por lo que nada queda dicho acerca de los regímenes diarios u horarios del río. Así, debe quedar claro que si el caudal ecológico se fija solamente en términos globales y no se establecen máximos y mínimos, la dinámica de los caudales del río se supeditará totalmente a las de las necesidades de electricidad en el caso 2. Esto significa en la práctica que el río presentará oscilaciones de caudal que poco o nada tienen que ver con las que correspondan a su flujo natural.

Por contra, en el caso 1, los flujos serían constantes e iguales a ese nivel de caudal mínimo en los meses de no riego, con lo que por un lado, impediríamos cualquier aprovechamiento hidroeléctrico fuera del cauce y, por otro, reduciríamos totalmente la flexibilidad que requiere el uso hidroeléctrico de pie de presa. Como quiera que en la práctica se ha venido observando fuertes oscilaciones en el caudal del Guadalope entre presas, este es otro argumento que nos induce a pensar que en la práctica estamos en un escenario más propio del caso 2.

Dejamos aquí el marco teórico y pasamos a ponerlo en funcionamiento en los epígrafes siguientes teniendo como punto de partida los dos casos anteriores, además de otros supuestos que plantearemos en su momento.

4. APLICACIÓN DEL MODELO. POSIBILIDADES DE GESTIÓN

4.1 SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE ASIGNACIÓN DE FLUJOS Y TURBINACIÓN EN LA CENTRAL DE MAS DE LAS MATAS

Uno de los objetivos de este estudio era, como se ha especificado con anterioridad, analizar cuales son las posibilidades de turbinación de agua en la minicentral hidroeléctrica situada en el antiguo molino de la localidad de Mas de las Matas. Para ello, tiene especial interés conocer cuál es el comportamiento de los embalses que regulan el río Guadalope en su cuenca media, es decir, los embalses de Santolea y de Calanda, ya que de esta regulación se puede deducir buena parte de la evolución y cuantía de los caudales que pueden ser turbinados en la mencionada central objeto de estudio. El modelo de flujos replica (con las lógicas limitaciones que todo proceso de simplificación conlleva) las diferentes asignaciones del recurso agua entre los usuarios y concesionarios del mismo. A partir de este modelo, se han considerado dos posibles escenarios alternativos (y, en cierto modo, extremos) de comportamiento básico del sistema formado por los dos embalses anteriormente mencionados, haciendo también una distinción, en cada uno ellos, entre dos casos posibles, según se considere o no la puesta en regadío de tierras por el canal de Calanda - Alcañiz (en adelante CCA). Estos escenarios pueden resumirse en:

* Escenario 1. Durante la época de invierno (más concretamente, el subperiodo T1 del modelo), el embalse de Santolea únicamente desembalsa el volumen correspondiente al caudal ecológico del río Guadalope y a los usos urbanos de las localidades que así lo requieren. Este escenario podría variar sensiblemente en función de la resolución de los conflictos que podrían surgir entre el mantenimiento del caudal ecológico, o de compensación, y los usos de las minicentrales hidroeléctricas de derivación.

* Escenario 2. En el periodo T1, se respetan las concesiones de las centrales hidroeléctricas, tanto a pie de presa como a lo largo del recorrido del río, de forma que la turbinación en dichas centrales mantiene su orden de prioridad. Los datos observados de aforos son muy similares a los que se derivarían del respeto de la concesión de la central hidroeléctrica a pie de presa.

En ambos escenarios, se consideran dos posibles casos: el *caso A* supone que no se han puesto en marcha los nuevos regadíos que debe abastecer el Canal de Calanda – Alcañiz, mientras que el *caso B* implica el funcionamiento efectivo de esos regadíos (con un uso de, aproximadamente, 32 Hm³).

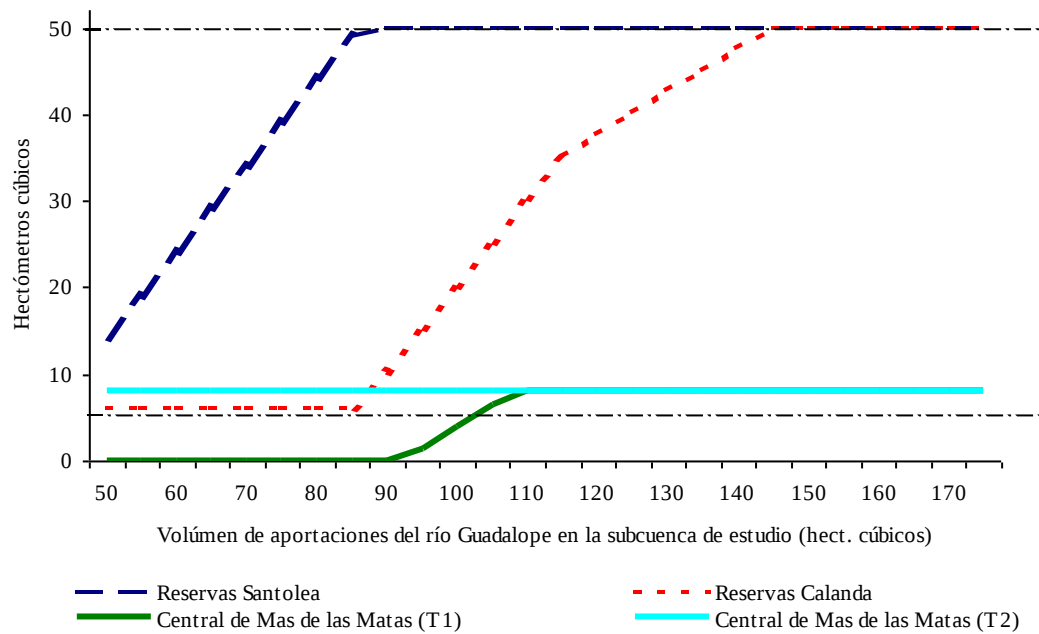
Además, es necesario tener en cuenta que las características técnicas de la minicentral hidroeléctrica de Mas de las Matas limitan su capacidad a un caudal de 500 litros por segundo, lo que implica un uso máximo por subperiodo considerado en el modelo de 8 Hm³.

A partir de las ecuaciones que conforman el modelo planteado, en sus dos versiones correspondientes según el escenario considerado, se simula su comportamiento para un amplio intervalo de aportaciones del río Guadalope a su paso por la cuenca estudiada, suponiendo unas aportaciones del río Bergantes alrededor de los 65 Hm³ anuales. Este supuesto es necesario ante la gran variabilidad que se observa en las aportaciones de este río, muy afectado por la denominada “gota fría” del Levante español. Además, al suponer este valor concreto, se intenta conseguir una simulación más fiable, evitando la consideración de múltiples escenarios en función de las dispares aportaciones del Bergantes.

Los gráficos presentados a continuación resumen, junto con las tablas posteriores, el resultado de las simulaciones realizadas. En ellas se muestran, por una parte, las reservas finales, al término del periodo T2, de los embalses de Santolea y Calanda, y por otra los caudales que puede turbinar la minicentral hidroeléctrica de Mas de las Matas, tanto en el conjunto del periodo T1 como en la totalidad de T2.

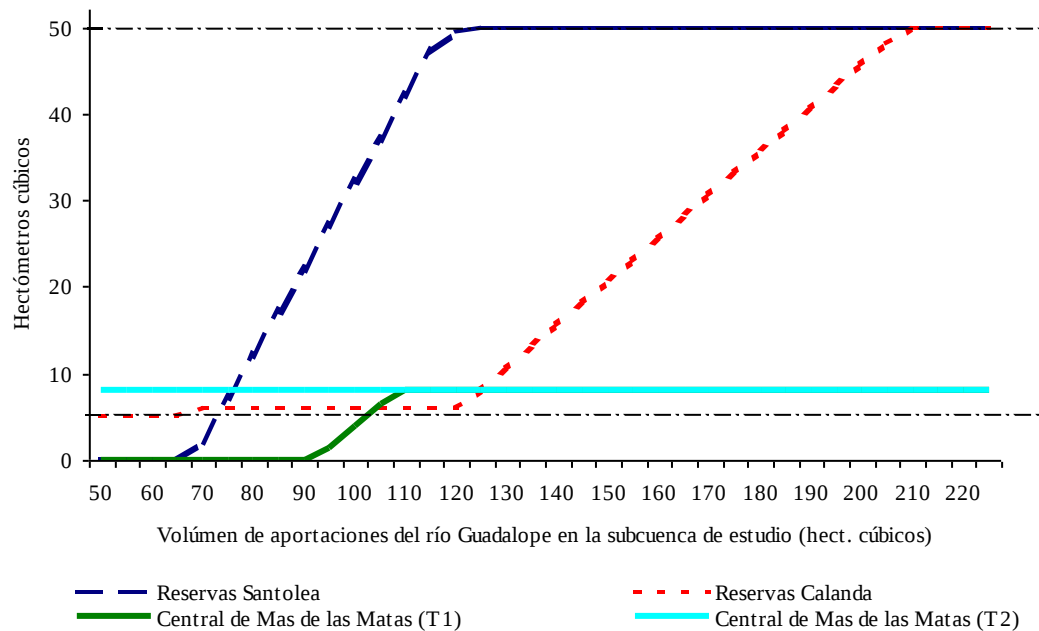
Escenario 1A

No se respetan las concesiones de las hidroeléctricas en T1. No funcionan los regadíos del CCA.



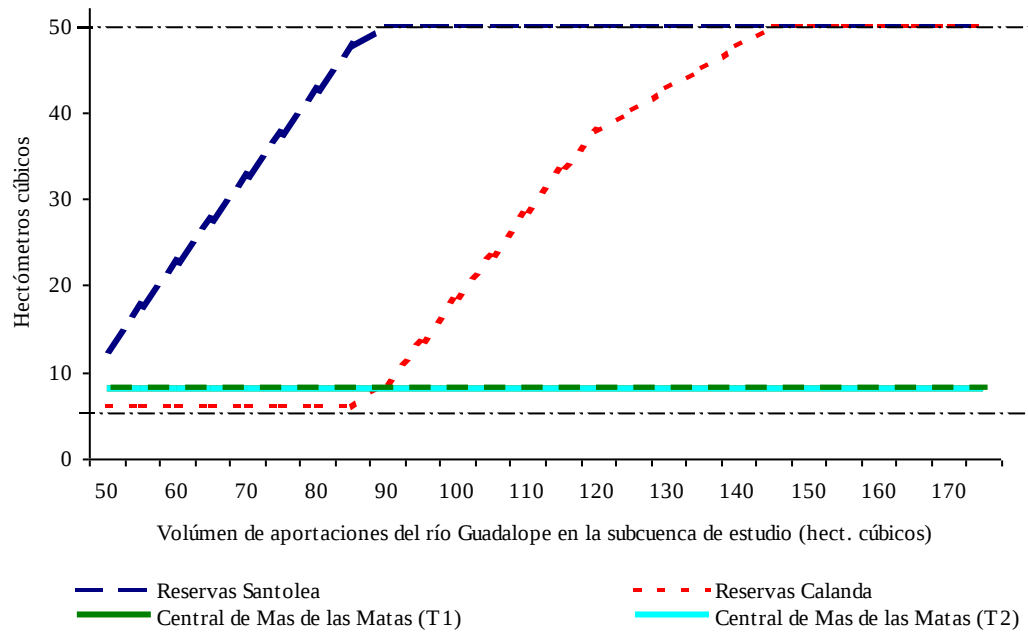
Escenario 1B

No se respetan las concesiones de las hidroeléctricas en T1. Funcionan los regadíos del CCA.



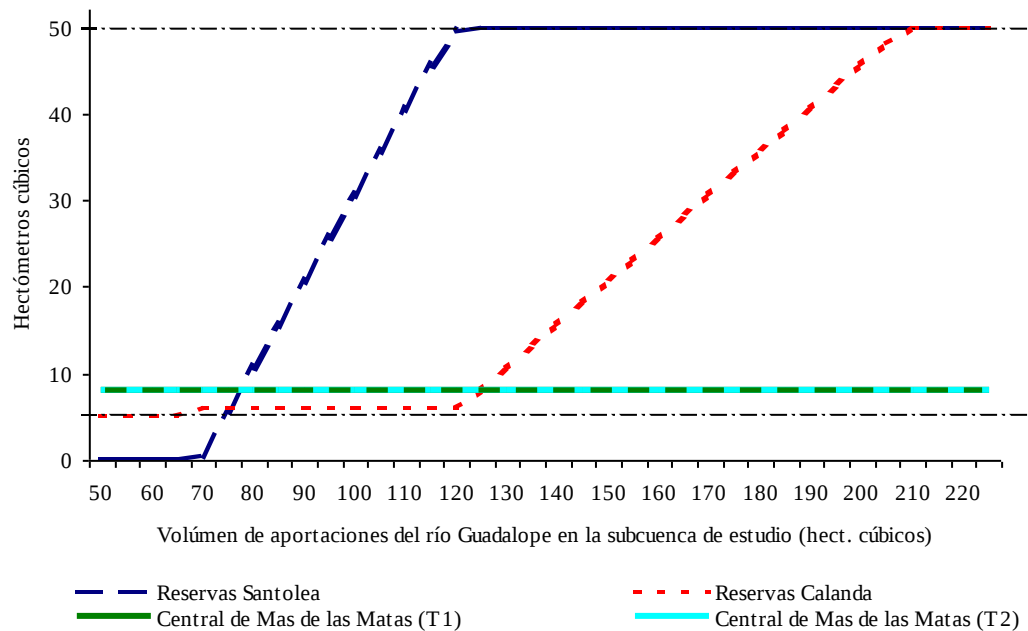
Escenario 2A

Se respetan las concesiones de las hidroeléctricas en T1. No funcionan los regadíos del CCA.



Escenario 2B

Se respetan las concesiones de las hidroeléctricas en T1. Funcionan los regadíos del CCA.



Los resultados de las simulaciones, como se observa en los gráficos, revelan que en el comportamiento de llenado de los embalses solamente se aprecian diferencias entre los casos A y B planteados (siendo indiferente el escenario supuesto), mientras que los niveles de turbinación en el periodo T1 difieren claramente en función del escenario planteado, siendo, en principio, independientes de la inclusión o no de nuevos regadíos dependientes del canal de Calanda - Alcañiz. En el periodo T2, la turbinación depende exclusivamente de las aportaciones, sin importar el escenario o caso considerados. Este resultado es lógico sobre el papel, ya que si se respetan las concesiones (invernales) hidroeléctricas de pie de presa en Santolea, la minicentral de Mas de las Matas aprovecha de forma sucesiva esos caudales y poco importa que en verano existan unas mayores demandas por parte de los riegos dependientes del canal Calanda – Alcañiz). Sin embargo la aparición de esas nuevas demandas puede aumentar la presión por parte de los agricultores hacia el *no-desembalse* de Santolea en los meses de otoño – invierno, es decir, a pasar al escenario 1 en términos estrictos. Por tanto, la dinámica de intereses y fuerzas puede hacer que el escenario 2B sea altamente improbable.

En cuanto al periodo de riego (T2), para unos niveles de aportación “normales”, no existe ningún problema para turbinar a pleno rendimiento en la minicentral objeto de estudio.

El comportamiento de las reservas finales en los embalses (es decir, al final del periodo T2), es común en todos los casos. En primer lugar, si se supera un régimen de aportaciones mínimo que impide el embalse de agua, se posibilita el llenado del embalse de Santolea, manteniéndose el de Calanda en el nivel de sus reservas iniciales (como mínimo las de seguridad, 5 Hm³). Si las aportaciones permiten el llenado de Santolea, puede almacenarse agua en el embalse de Calanda, siendo posible alcanzar la capacidad máxima de este último para aportaciones relativamente superiores a la media (situada ésta en torno a los 110 Hm³ anuales) en el *caso A* de ambos escenarios, y muy superiores (casi el doble de dicha aportación anual media) en el *caso B* (se ponen en marcha los regadíos dependientes del CCA).

Los valores concretos de aportaciones que describen este comportamiento se presentan en la tabla correspondiente, debiendo tenerse en cuenta los supuestos asumidos

al plantear los escenarios posibles (las diferencias, escasas, de valores numéricos observadas entre los datos de los gráficos y las tablas se deben a la consideración en los primeros de unas reservas iniciales en ambos embalses de 10 Hm³).

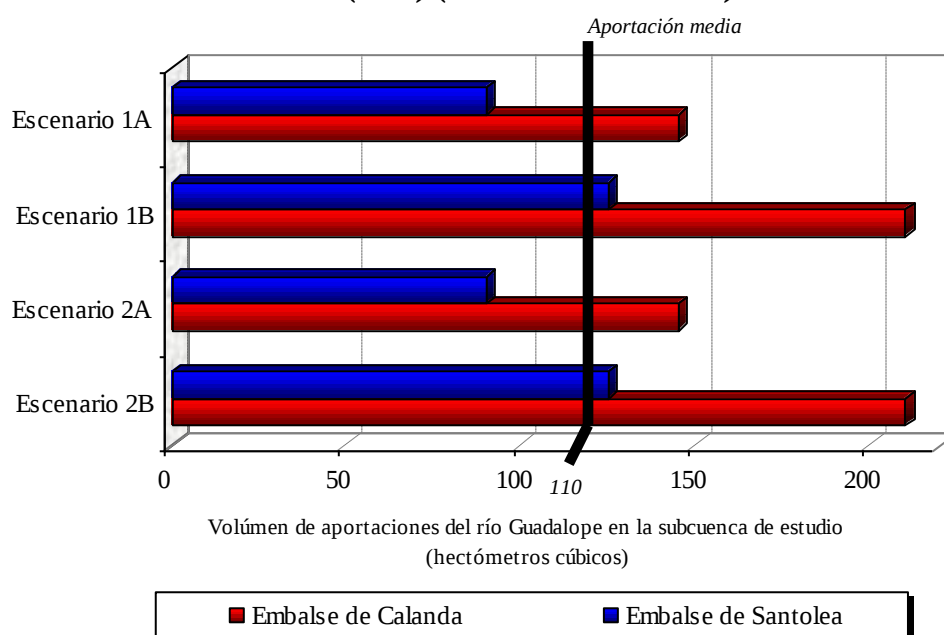
Volumen de aportaciones del río Guadaloque que permite el llenado de los respectivos embalses (Hm³). (Sin reservas iniciales)

	Embalse de Santolea	Embalse de Calanda
<i>Escenario 1A</i>	90	145
<i>Escenario 1B</i>	125	210
<i>Escenario 2A</i>	90	145
<i>Escenario 2B</i>	125	210

Al analizar estos datos hay que tener en cuenta que sólo se consideran las aportaciones que llenan los embalses al final del año hidrológico, que es el final del periodo de riego. Para hablar de recrecimiento hay que ver las aportaciones que llenarían Santolea al final del periodo T1, que son las que permiten posteriormente abastecer en el periodo T2.

Como puede observarse, la diferencia entre los casos A y B se refleja en la necesidad de un mayor volumen de aportaciones necesario para lograr el llenado de los embalses, debido a la importante demanda de agua para los regadíos dependientes del canal de Calanda – Alcañiz. Igualmente, se comprueba que un mayor volumen de reservas iniciales se traduciría en la necesidad de unas aportaciones menores para lograr los mismos efectos en las reservas finales de los embalses.

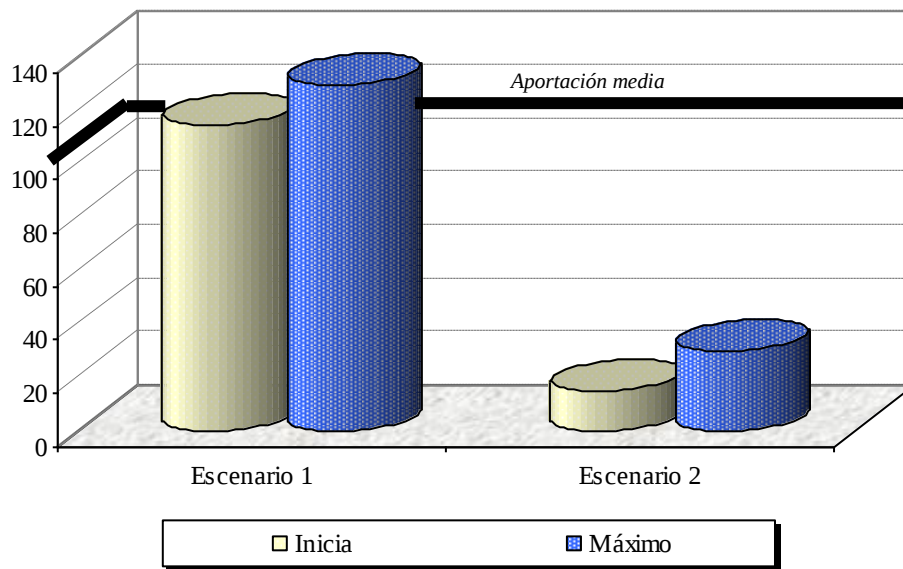
Volumen de aportaciones del río Guadalupe que permite el llenado de los respectivos embalses (Hm³) (Sin reservas iniciales)



En cuanto a la turbinación en la central hidroeléctrica de Mas de las Matas, las diferencias entre ambos escenarios son claras, aunque sólo en lo referente al periodo T1, ya que en T2 las concesiones agrícolas garantizan el máximo volumen posible de turbinación a partir de aportaciones muy escasas (aproximadamente, 30 Hm³ en las simulaciones efectuadas). El uso únicamente de los caudales ecológicos y de uso urbano que se consideran en el escenario 1 obliga a que las aportaciones se sitúen por encima de sus valores medios históricos para poder empezar a turbinar. En el segundo escenario planteado, el respeto de las concesiones de las centrales hidroeléctricas garantiza en todo momento la turbinación de caudales en la minicentral en términos similares a los del periodo T2.

**Volumen de aportaciones (Hm3) del río Guadalope que permite la turbinación en la central de Mas de las Matas durante el primer periodo (T1)
(sin reservas iniciales en los embalses)**

	Periodo 1		Periodo 2	
	Inicia	Máximo	Inicia	Máximo
<i>Escenario 1A</i>	115	130	15	30
<i>Escenario 1B</i>	115	130	15	30
<i>Escenario 2A</i>	15	30	15	30
<i>Escenario 2B</i>	15	30	15	30



4.2 FACTIBILIDAD DE NEGOCIACIÓN PARA GARANTIZAR EL RENDIMIENTO MÁXIMO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE MAS DE LAS MATAS

La negociación encaminada a la maximización de los niveles e turbinación en la minicentral de mas de las Matas puede plantearse desde dos perspectivas distintas y, si esto fuera posible, incluso complementarias. Por una parte, es posible negociar con las instituciones reguladoras de la asignación y distribución del agua la realización práctica de las concesiones concedidas a las centrales de pie de presa o a lo largo del río. Por otro lado, puede plantearse la posibilidad de negociar con los agricultores la renuncia a determinadas concesiones a favor de la central, si bien esta opción está supeditada al respeto previo de las concesiones de esta última, aspecto considerado también en la primera opción de negociación.

4.2.1 Negociación de las concesiones de las minicentrales hidroeléctricas

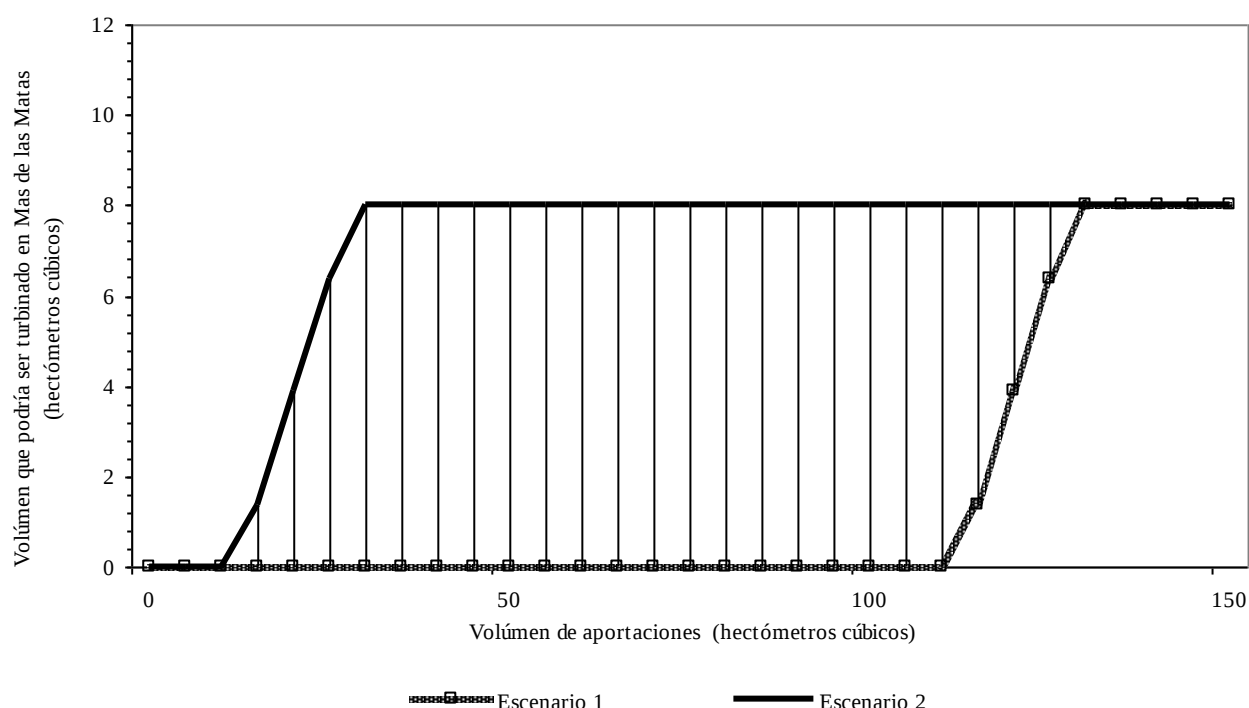
Aunque las centrales hidroeléctricas disponen de sendas concesiones de caudales de agua (algunas de antigüedad considerable), la regulación de caudales no considera, generalmente, estas concesiones a la hora de realizar la distribución del recurso agua entre los diferentes usuarios y concesionarios. No obstante, los datos reales de las estaciones de aforo y los considerados en el estudio de viabilidad de la central objeto de estudio indican que esto no es así. Por esto, se han planteado los dos escenarios extremos en la asignación de los caudales, como se ha descrito en el apartado anterior. Hay que significar, además, que los cálculos presentados en el gráfico incluyen la puesta en práctica de los regadíos del canal Calanda – Alcañiz, y la suposición de reservas iniciales nulas. Los resultados obtenidos se refieren únicamente al periodo T1, ofreciendo una visión general de las posibilidades de negociación, siendo los valores numéricos meramente orientativos.

Escenario 1 (sólo se turбина el caudal ecológico y los destinados a usos urbanos). Si en el año correspondiente no se registran, al menos, unas aportaciones iguales a los valores medios históricos (aproximadamente 115 Hm³), no se comienza a turbinar en el periodo T1. Si las aportaciones superan este valor (cuando ya se ha llenado el embalse de Santolea) y se satisfacen además el resto de necesidades, la central dispone de agua para turbinar,

aumentando progresivamente estas posibilidades en función de mayores aportaciones, hasta alcanzar los límites técnicos y concesionales sobre los 130 Hm³.

Escenario 2 (se respetan las concesiones). En cuanto las disponibilidades lo permiten (con aportaciones de apenas 15 Hm³), comienzan a utilizarse las concesiones alcanzándose su valor con aportaciones de, aproximadamente, 30 Hm³.

***Volúmenes de turbinación factibles en la central de Mas de las Matas.
Posibilidades de negociación***



El área rayada en el gráfico presentado muestra las posibilidades de negociación existentes para la central de Mas de las Matas, negociación centrada exclusivamente en términos de concesiones poseídas y respeto de las mismas por las instituciones reguladoras de la asignación del agua disponible, siempre en el periodo T1, puesto que, como se señaló anteriormente, en T2 se garantiza la turbinación máxima por el uso de las concesiones agrícolas a través de la acequia de Mas de las Matas.

Esta negociación podría combinarse con la realizada con los agricultores, si bien esta última, como se verá a continuación, no resulta factible.

4.2.2. Negociación con los agricultores.

En este apartado vamos a plantearnos la posibilidad de que se produzca un intercambio de caudales entre los agricultores y la central hidroeléctrica, de forma que parte de los caudales almacenados para garantizar los regadíos en verano queden libres para su turbinación por parte de la central. En concreto, asumimos la posibilidad de un intercambio libre de caudales entre la agricultura y la hidroeléctrica, de forma que, llegado el caso, la primera estuviese dispuesta a una reducción de garantía (seguridad de suministro) en favor del uso hidroeléctrico. Si bien en términos estrictamente teóricos esta cesión siempre es posible, un acercamiento más realista al problema nos lleva a definir cuáles son las reglas del juego.

Desde un punto de vista económico la negociación de caudales será posible si la situación resultante mejora el beneficio total del sistema. En este sentido aceptamos que los agricultores podrían renunciar a parte de sus caudales de riego si el uso por parte de la hidroeléctrica de los mismos es más productivo, aumentando el beneficio conjunto. Suponemos que en este caso los agricultores podrían aceptar pagos compensatorios por parte de la hidroeléctrica de forma que los agricultores mantuvieran su renta y mejorara la situación de la central (y, por tanto, del sistema en su conjunto).

El estudio de estas posibilidades de negociación suponer analizar la rentabilidad que cada uno de los agentes obtiene en el uso del agua.

Agricultores

Para llegar a la rentabilidad (expresada como margen) que para los agricultores supone el consumo de agua, partimos de las hectáreas de regadío de la zona para distintos grupos de cultivos. Esto es lo que aparece en la tabla 3.2.1 donde se presentan las extensiones de riego de la zona de estudio correspondientes al año 1998, es decir, Aguaviva- La Ginebrosa, Mas de las Matas, Caspe, Alcañiz y Resto de la zona. Se analizan 22 cultivos en regadío.

Superficies de regadío 1998 en hectáreas.

	Aguaviva + La Ginebrosa	Mas de las Matas	Resto de municipios de la subcuenca	Caspe	Alcañiz
Trigo	61	3	22	408	230
Cebada	102	12	30	801	198
Avena	14	0	10	6	37
Maíz	162	118	12	690	1.121
Arroz	0	0	0	38	0
Otros Cereales	1	0	0	1	27
Leguminosas	1	0	0	9	3
Tubérculos	6	3	11	12	5
Girasol	0	0	0	196	188
Colza	0	0	0	88	62
Resto Indust.	0	0	0	1	20
Alfalfa	27	18	6	328	647
Otros Forrajes	0	0	0	80	0
Hortalizas	4	5	9	38	32
Manzano	1	0	1	6	88
Peral	0	0	0	88	50
Cerezo	0	0	0	251	0
Melocotonero	51	35	108	933	700
Almendro	0	0	2	101	0
Otras frutas	0	0	0	139	10
Viñedo	0	0	0	14	0
Olivar	2	0	124	812	83

Fuente: Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A.

Las mayores extensiones de riego corresponden a las zonas de Caspe y Alcañiz. En ellas, los cultivos mayoritarios son los cereales y cultivos industriales (trigo, cebada, maíz y girasol), forrajes (alfalfa), algunos frutales (melocotón y cerezo) y el olivo en Caspe.

A partir de aquí tenemos que estimar cuál es el volumen de agua usada por el sector agrícola. Consideramos una eficiencia en el riego del 50%, nivel coherente con otros estudios realizados para la región aragonesa (a este respecto ver Bielsa (1999) o Tabuenca (1995)). Así el uso de agua para un cultivo i en una zona j puede obtenerse como

$$U_{ij} = s_{ij} * d_i / ef_j$$

siendo s_{ij} la superficie del cultivo i en la zona j , d_i la dotación o agua necesaria para el cultivo j (obtenida de Tabuenca (1995)) y ef_j el nivel de eficiencia de la zona (que suponemos constante para todos los municipios analizados). La siguiente tabla recoge el uso de agua en el regadío de estas cinco áreas.

Uso de agua en el regadío en 1998 (en Hm³)

	Aguaviva + La Ginebrosa	Mas de las Matas	Resto de municipios de la subcuenca	Caspe	Alcañiz
Trigo	0,39	0,02	0,14	2,61	1,47
Cebada	0,57	0,07	0,17	4,49	1,11
Avena	0,07	0,00	0,05	0,03	0,18
Maíz	1,81	1,32	0,13	7,73	12,56
Arroz	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00
Otros Cereales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
Leguminosas	0,01	0,00	0,00	0,09	0,03
Tubérculos	0,06	0,03	0,11	0,12	0,05
Girasol	0,00	0,00	0,00	1,72	1,65
Colza	0,00	0,00	0,00	0,77	0,55
Resto Indust.	0,00	0,00	0,00	0,01	0,20
Alfalfa	0,32	0,21	0,07	3,87	7,63
Otros Forrajes	0,00	0,00	0,00	0,94	0,00
Hortalizas	0,04	0,05	0,09	0,37	0,31
Manzano	0,01	0,00	0,01	0,07	1,00
Peral	0,00	0,00	0,00	1,00	0,57
Cerezo	0,00	0,00	0,00	2,76	0,00
Melocotonero	0,56	0,39	1,19	10,26	7,70
Almendo	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00
Otras frutas	0,00	0,00	0,00	1,56	0,11
Viñedo	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
Olivar	0,00	0,00	0,15	0,97	0,10
Totales	3,85	2,08	2,11	40,05	35,35

Como se observa, el mayor uso de agua se refiere a Caspe y Alcañiz y su destino mayoritario es para maíz, melocotón y alfalfa.

Una vez conocido el uso de agua por parte de los agricultores afectados, el siguiente paso es calcular la rentabilidad que obtienen por el uso de este agua. Supondremos que la rentabilidad neta (o margen) es aproximadamente el 10% de la producción total. Este margen sería una primera aproximación a la capacidad máxima de pago que tienen los agricultores por el uso del agua o, en el caso que nos ocupa, a los pagos compensatorios que tendrían que recibir por el uso de los caudales por parte de otros agentes. La forma de obtener este margen es partir de los rendimientos físicos (kg/hectárea) que se obtienen en cada producto. Multiplicando el rendimiento por hectárea por el número de hectáreas y por el precio que percibe cada agricultor por unidad de producto (precio al que venden su producto) obtenemos una buena aproximación al valor de la producción. Si dividimos esta magnitud por el volumen de agua usado en cada cultivo tendremos una medida de la productividad con la que el agua es usada en ese cultivo. Calculando el 10% de esta magnitud obtendremos el margen por unidad de recurso. En la

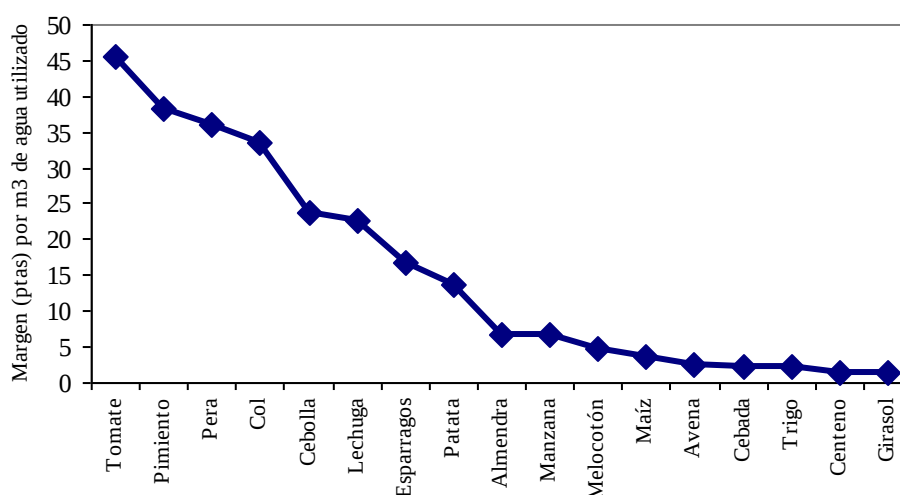
siguiente tabla se muestra la productividad de cada cultivo por metro cúbico de agua usada y el margen.

Productividad en la agricultura y márgenes por m³ usado.

	ptas/m³	Margen (10%)
TRIGO BLANDO	35,71	3,57
TRIGO DURO	21,00	2,10
CEBADA 6 cc	22,28	2,23
CEBADA 2cc	31,09	3,11
AVENA	26,13	2,61
CENTENO	14,08	1,41
MAÍZ	35,92	3,59
PATATA DESIRE (y similares)	135,46	13,55
PATATA R. PONTIAC (y similares)	147,35	14,73
PATATA JAERLA (y similares)	141,15	14,11
GIRASOL	13,54	1,35
MANZANA STARKING (y similares)	104,56	10,46
MANZANA G. DELICIOUS	65,97	6,60
MANZANA REINETA	100,17	10,02
MANZANA V. DONCELLA	129,12	12,91
PERA LIMONERA	416,52	41,65
PERA ERCOLINI	446,28	44,63
PERA BLANQUILLA	361,48	36,15
PERA CONFERENCIA	452,97	45,30
ALMENDRA LARGUETA	66,83	6,68
ALMENDRA MARCONA	71,03	7,10
MELOCOTON TEMPRANO	135,82	13,58
MELOCOTON MEDIA EST.	129,40	12,94
MELOCOTON TARDIO	174,87	17,49
MELOCOTON INDUSTRIA	46,69	4,67
LECHUGA ROMANA	226,53	22,65
COLIFLOR	384,93	38,49
COL REPOLLO	336,03	33,60
TOMATE PLAZA	456,55	45,66
PIMIENTO ROJO	489,80	48,98
PIMIENTO VERDE	382,65	38,27
CEBOLLA BABOSA	286,56	28,66
CEBOLLA GRANO ORO	237,55	23,76
ESPARRAGOS EN FRESCO	260,20	26,02
ESPARRAGOS INDUSTRIA	167,30	16,73

A modo de resumen, el siguiente gráfico muestra el margen por unidad de agua para los cultivos más representativos. Este margen oscila entre valores por encima de las 40 pts/m³ para algunas hortalizas y frutas hasta valores cercanos a 1 pta./ m³ para los cereales menos rentables.

Margen por m³ de agua para los cultivos más representativos



A partir de aquí, podemos pensar que si el margen de la hidroeléctrica supera el obtenido por la agricultura, ésta podría ceder parte del agua que usa, comenzando por aquella que es usada con una productividad menor.

Hidroeléctrica

El margen por unidad de agua consumida por la central hidroeléctrica se obtiene a partir de los datos que aparecen en el estudio realizado por la Fundación CIRCE (Estudio preliminar para la restauración y puesta en marcha de la Minicentral Hidroeléctrica de Mas de las Matas, de Noviembre, 1998). Según este estudio el caudal que circula por la acequia de Mas de las Matas varía durante los distintos meses del año, siendo el caudal real el que se presenta en la siguiente tabla.

Distribución de caudales mensuales disponible durante 24 horas/día

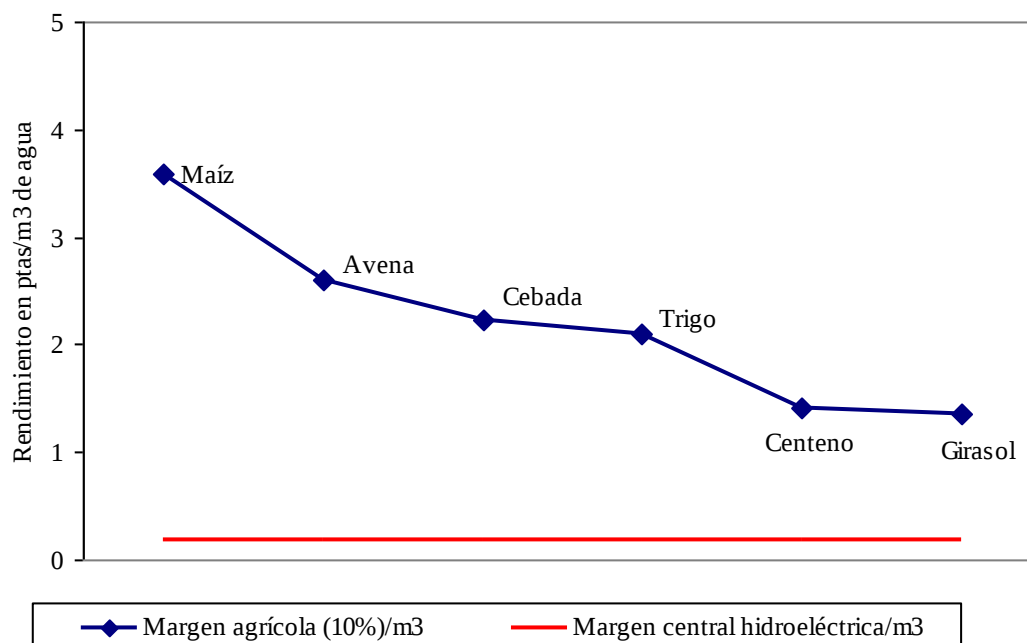
	caudal (litros/segundo)	caudal (m³/mes)
Enero	150	388.800
Febrero	150	388.800
Marzo	500	1.296.000
Abril	500	1.296.000
Mayo	500	1.296.000
Junio	500	1.296.000
Julio	500	1.296.000
Agosto	500	1.296.000
Septiembre	500	1.296.000
Octubre	250	648.000
Noviembre	150	388.800
Diciembre	150	388.800
Total		11.275.200

Fuente: Fundación CIRCE, 1998.

Por tanto, el agua disponible² para la central en un año es de 11,275 Hm³. Por otra parte, el mismo estudio señala que los ingresos totales que pueden obtenerse de la venta de la energía eléctrica generada por la Central de Mas de Las Matas son 2.075.000 ptas. Dividiendo estos ingresos (sería la valoración de la producción total de la central) por el volumen de agua usado obtendremos la productividad por unidad de agua. En el caso de las centrales, una vez pagadas las obras, los costes de funcionamiento son muy reducidos por lo que esta productividad puede asociarse directamente con el margen. Por tanto, el margen por cada m³ de agua usado en la central es de 0,18 ptas.

Como se observa, este margen es muy inferior al obtenido por la agricultura incluso en los cultivos menos rentables. En el siguiente gráfico se observa esta brecha de rentabilidad.

Comparación entre los márgenes agrícolas y los procedentes de la central hidroeléctrica de Mas de las Matas



En la gráfica se aprecia que aun para los cultivos menos productivos el uso de agua en la agricultura es más rentable que en la hidroeléctrica, no existiendo tramos en los que

² Obsérvese que la cifra que usa el estudio de viabilidad no coincide con las máximas posibilidades de turbinación del equipo, que son las que se establecen como concesión en el resto del trabajo. Sin embargo,

la situación sea diferente. Las diferencias en rentabilidad van desde 1 pts/m³ aproximadamente en el caso del girasol hasta las casi cuatro pesetas en el caso del maíz. Para el resto de los cultivos las diferencias serían todavía mayores.

Por tanto, desde un punto de vista económico la negociación entre la hidroeléctrica y la agricultura no es posible. Por una parte, puesto que el margen de la hidroeléctrica es fijo, cualquier detracción de agua de riego será usada por la central con una rentabilidad menor, por lo que el beneficio conjunto de los agentes en esta situación disminuiría. Por otra parte, la central no podrá compensar la pérdida de producción que sufriría la agricultura al cederle caudales, no tiene capacidad para realizar los pagos compensatorios que demandarían los agricultores. En definitiva, si pensamos en términos estrictamente económicos, no parece viable que los agricultores acepten ningún tipo de negociación con la central que les suponga una disminución del agua de riego.

Hasta aquí hemos visto que el funcionamiento libre de los dos agentes, agricultura e hidroeléctrica, no va a conducir en ningún caso a una renuncia de caudales por parte de los primeros en favor de la segunda. Ahora bien, podemos considerar el problema desde un punto de vista más amplio, teniendo en cuenta otros factores distintos a los estrictamente relacionados con el beneficio individual.

Así, podemos suponer que una autoridad externa (gobierno central, local,...) puede priorizar la obtención de un determinado volumen de producción eléctrica valorando para ello las alternativas más ventajosas. En esta situación, la comparación entre la agricultura y la hidroeléctrica no se haría en términos de rentabilidades sino de costes. La *no-cesión* de agua por parte de la agricultura tendría que compararse con el coste de tener que utilizar alternativas como una central térmica, etc., para producir ese nivel deseado de energía (es lo que en economía recoge el concepto de coste de oportunidad). En este caso, podría ocurrir que la forma menos costosa de obtener la electricidad fuera la puesta en marcha de la minicentral, aunque la autoridad tuviera que realizar los pagos compensatorios a los agricultores o buscar fuentes alternativas de suministro de agua³.

para el cálculo del rendimiento por m³ hemos de usar los datos del estudio de viabilidad, que son los utilizados para los cálculos de producción total de energía.

³ En este sentido, el trabajo ya citado de Houston y Whittesey (1986) resulta contundente al afirmar que, dados los elevados costes de producción de electricidad por métodos alternativos a las centrales

Cerramos aquí el bloque destinado a las posibilidades de negociación y el núcleo central del trabajo, para pasar a recopilar las principales implicaciones de todo lo expuesto en las conclusiones.

hidroeléctricas, el Estado debería intervenir favoreciendo el traspaso de caudales de riego hacia su turbinación en dichas centrales. Estos autores se refieren, no obstante, a la demanda de electricidad en horas punta. Esto significa que el problema de los altos costes de oportunidad que ocasiona dejar de turbinar se deben, principalmente, a que la energía hidroeléctrica se destina de forma mayoritaria a los *picos* o *crestas* de demanda, por lo que las fuentes alternativas de esta producción no son las grandes centrales térmicas o nucleares, sino centrales pequeñas dotadas de gran flexibilidad, es decir, pequeños generadores alimentados por gasoil o por gas.

5. CONCLUSIONES

Dedicamos este apartado a recopilar las principales implicaciones que se han ido desgranando en los puntos anteriores. Para cuestiones más metodológicas y para conocer un poco mejor las fuentes de datos véase el apéndice “Obtención y tratamiento de los datos”.

En primer lugar podemos decir que, independientemente del escenario concesional y de la puesta en marcha o no de los nuevos regadíos de Calanda- Alcañiz, la minicentral de Mas de las Matas no debería tener problemas para turbinar en los meses de riego, esto es, de Abril a Septiembre (puede ampliarse algo ese plazo e incluir parte de Marzo y de Octubre).

Para el resto del año, las posibilidades de funcionamiento de la minicentral a pleno rendimiento dependen fundamentalmente de si se respetan o no las concesiones de la central de pie de presa existente aguas arriba en Santolea. Así, si esas concesiones son efectivas (tal y como parece que son hasta ahora), la minicentral de Mas de las Matas podría turbinar sin problemas respetando además el caudal de compensación en el río establecido hasta ahora por la CHE.

Ahora bien, si el caudal de compensación, que actualmente se fija en un 10% de las aportaciones, es revisado al alza, podría haber problemas en estos meses por cuanto ambos usos son claramente rivales.

Respecto a la posibilidad de puesta en riego de 4.000 has. alimentadas por el canal de Calanda- Alcañiz, este hecho no afecta directamente a las posibilidades de turbinación en invierno. Sin embargo, de forma indirecta podría influir ya que esos nuevos regadíos aumentarían la presión de los agricultores hacia una postura más rígida en la que quizá se priorizase almacenar agua para el verano frente a turbinarla en invierno.

Un segundo punto sobre el que hemos trabajado es la posibilidad de acuerdos privados entre la minicentral y otros usuarios para el caso en que las concesiones de invierno de las centrales hidroeléctricas no fuesen prioritarias al almacenamiento.

Sobre este particular las conclusiones son contundentes y, en cierta medida, generalizables: no es viable un acuerdo o pacto privado entre la minicentral y cualquier otro usuario, por cuanto los más bajos de los rendimientos del usuario con menor rentabilidad (regadíos de cereales) son superiores al rendimiento por m³ de la minicentral.

Además, este acuerdo no podría cerrarse privadamente aun cuando fuese provechoso, debido a que siempre produciría efectos sobre los volúmenes y regímenes de agua en el río, esto es, podría ser contradictorio con el caudal ambiental o de compensación prefijado.

No es de esperar, por tanto, que se establezcan pactos bilaterales de carácter privado. Sin embargo, es importante señalar aquí la posibilidad de que un tercero, la Administración, pueda intervenir para hacer valer la perspectiva ambiental en el conflicto. Al margen de que los caudales ambientales sean o no respetados, bien podría ocurrir que la alternativa más barata a la energía generada por las minicentrales fuera lo suficientemente grande como para aconsejar a la Administración rescatar parte de las concesiones agrícolas en favor de la hidroelectricidad.

De producirse este tipo de situaciones, sería la solución contraria a la que se ha adoptado en otras zonas de Aragón con conflictos agricultura- hidroelectricidad. En esos casos (por ejemplo, en el Pacto de Piñana) la Administración interviene rescatando concesiones hidroeléctricas para conseguir unas mejores garantías de suministro a los agricultores.

Para terminar, una conclusión más general que engloba a las anteriores. La relación recursos regulados (y posiblemente regulables) frente a las demandas ha alcanzado ya unos valores muy próximos a uno. Esto significa que la competencia por los recursos supone que cualquier mejora de un usuario sólo puede conseguirse mediante un empeoramiento de otro. Partiendo de eso, de producirse la incorporación de los nuevos regadíos de Calanda-Alcañiz, se va a llevar al sistema a un nivel de presión considerable.

La disminución de esa presión difícilmente podrá lograrse mediante el aumento o ampliación de las infraestructuras de regulación puesto que no puede almacenarse agua de forma sistemática.

Por contra, una buena gestión de los embalses existentes, un aumento de la eficiencia (sobre todo de riego) y una clarificación de las prioridades, son los tres pilares sobre los que debe asentarse la futura gestión del agua en el Guadaloque.

APÉNDICE. Obtención y tratamiento de datos: la cocina del trabajo.

El trabajo que tiene en sus manos es la presentación final de un proceso que incluye tres fases. En primer lugar, una etapa de recopilación y contrastación de una gran cantidad de datos de diversa procedencia. A continuación, elaboración del modelo teórico y de su implementación informática. Esta fase incluye un trabajo de calibración del grado de coherencia y consistencia del modelo con los datos. Y en tercer lugar un proceso de simulación de los escenarios más relevantes para explotar todas las posibilidades del modelo.

Usando un símil culinario, lo que Uds. ven es el plato cocinado y presentado, pero detrás queda una gran cantidad de ingredientes y un largo proceso de cocción que no nos resistimos a contar aquí, aunque sea de forma breve.

En esta “cocina” del estudio están, por ejemplo, las dos bases de datos más importantes para el mismo: la de aforos del Guadalope y la de superficies de cultivo que aparecen citadas en la bibliografía. Puesto que la agricultura de regadío usa y consume el grueso de los recursos disponibles, esta era la fuente de datos que más debíamos cuidar si no queríamos cometer errores de bulto en nuestros cálculos.

Por otra parte, desde el primer momento fuimos conscientes de que nuestro modelo de asignación era un gran consumidor de información. Afortunadamente, la disponibilidad de las bases citadas es hoy por hoy mucho mayor que hace tan sólo un año ya que son accesibles por red en las páginas *web* de la Confederación Hidrográfica del Ebro (en adelante CHE) y en la de la Diputación General de Aragón (DGA). Vaya nuestro agradecimiento por la sensible mejora en la accesibilidad de los datos a ambas instituciones.

Por lo que respecta a las numerosas bases de datos consultadas para el estudio descriptivo de la zona, decir que estas han sido de gran importancia para configurar el propio modelo de representación geográfica y contextualizar el trabajo.

Las bases de datos son importantes, pero no podíamos prescindir de la información cualitativa obtenida en las múltiples entrevistas personales mantenidas con agentes sociales, regantes, técnicos, etc. Estas visitas a la zona han sido cruciales para ordenar la información, separar el grano de la paja y perfilar el enfoque que finalmente se ha dado al estudio. Ciertamente, sin el conocimiento y asistencia de las personas que conocen a fondo la zona, el resultado de este tipo de trabajos poco tendría que ver con la realidad que trata de representar. Omitimos aquí el largo listado de bases de datos y personas consultadas que aparece en la bibliografía y en los agradecimientos respectivamente para pasar directamente a describir el proceso de elaboración de una forma cronológica.

Una vez introducida la información que creíamos necesaria, comenzó la fase de contrastación y calibración del modelo. Nos interesaba saber si con los datos de aforos disponibles y con las demandas estimadas era posible replicar el comportamiento real observado en el pasado en el sistema hídrico del Guadalope medio.

Especialmente importante en este punto era comprobar si la evolución temporal de las reservas de agua en los embalses que resultaba de la simulación tenía cierta lógica en función de los compromisos de abastecimiento que dependen de ellos. El funcionamiento combinado de dos embalses lleva implícita una determinada dinámica de preferencias y prioridades con respecto a ellos. Parece razonable que la presa que está más arriba en el río sea la primera en acumular reservas dado que domina una mayor cantidad de posibles usuarios y este es el supuesto que parecen reflejar los datos de desembalse (no están disponibles directamente los datos de volumen embalsado).

El éxito no fue, ni mucho menos, inmediato. La compleja estructura de concesiones y su organización geográfica dejaban siempre algún cabo suelto de manera que debíamos revisar los datos, concertar nuevas entrevistas y recomponer cada vez la formulación teórica.

Todo el entramado de flujos de agua, concesiones, supuestas demandas y usos reales se fue clarificando con el paso del tiempo a excepción de un punto que ya ha sido suficientemente recalcado en el trabajo: cuál es la prioridad que actualmente se está reconociendo en la práctica a la concesión hidroeléctrica de pie de presa en Santolea. Esta

cuestión configuró dos hipótesis de trabajo que fueron tratadas como escenario 1 y 2 (ver epígrafe 4.2.1).

En otro orden de cosas, las aportaciones del río Bergantes son extraordinariamente variables y no son lo suficientemente pequeñas en principio como para prescindir de ellas en el análisis. Por si esto fuera poco, la única estación de aforos de este río ha estado fuera de servicio durante casi dos décadas recientes, impidiendo un análisis estadístico riguroso de los datos (justamente entró en servicio durante la fuerte sequía de la primera mitad de los noventa). Este punto fue tratado en principio mediante la introducción de diferentes hipótesis para observar la sensibilidad de los resultados a cada una de ellas. Por suerte para nosotros, aún con los escasos datos disponibles, la importancia de esas variaciones no es decisiva a la hora de hacer una afirmación u otra.

Otro aspecto de más calado es el proyecto de puesta en riego de unas 4.000 ha. alimentadas por el canal de Calanda - Alcañiz (CCA). El principal problema al que nos enfrentábamos era trazar un “retrato robot” de lo que podría ser en el futuro este polígono de riego una vez que se pudiese en marcha. La solución adoptada fue considerar que la proporción de cada cultivo en esta zona sería similar a la de las comarcas cercanas ya en funcionamiento aunque, por tratarse de riegos de nueva creación, era de esperar que los niveles de eficiencia fuesen algo superiores desde el principio.

Una vez integrados todos estos elementos, faltaba un importante dato: la tasa de retorno de los regadíos. Puesto que éstos movilizan una gran cantidad de recursos, los resultados son muy sensibles a este parámetro. La hipótesis más conservadora establecida, ya en 1993, por el ministerio de agricultura en el Anteproyecto del Plan Hidrológico hablaba de una tasa de retorno del 20%. Por otra parte, en Bielsa (1999) se establece una tasa de retorno bastante superior (30%) para la cuenca media del Ebro, debida fundamentalmente a la baja eficiencia con que se riega.

En el trabajo se ha optado por una solución intermedia entre ambas, fijando una tasa de retorno cercana al 25% de los caudales usados. Así, los resultados obtenidos son bastante conservadores y si la tasa de retorno se encuentra realmente en ese 30%, el sistema hidrológico podría funcionar con una holgura algo superior. Sin embargo, es de

esperar que el aumento de la eficiencia se produzca y las tasas de retorno sean, en el futuro, más próximas al 20% estimado por el ministerio.

Un flanco que quedó abierto desde el principio y que constituye una asignatura pendiente en la caracterización de las posibles soluciones, es la cuestión sobre la necesidad o no de recrecer el embalse de Santolea.

Realizamos diversas tentativas para incorporar esta cuestión al análisis. En principio, el problema consistía en convertir el dato de capacidad de embalse de Santolea en una variable más, esto es, simular diferentes escenarios de capacidad de embalse y observar el funcionamiento del sistema en dos momentos: al término de los periodos riego y de no riego, respectivamente.

Sin embargo, nuestro modelo no tenía la flexibilidad necesaria para soportar esta nueva incorporación. Por ello, no hemos comentado nada sobre este particular en el cuerpo central del trabajo. No obstante, y teniendo en cuenta las limitaciones anteriores, sí queremos expresar algunas intuiciones que se han observado al realizar las simulaciones. Nuestra impresión es que el río Guadalope está, ya en estos momentos, condicionado por una fuerte presión de las demandas (máxime si se tienen en cuenta los nuevos regadíos proyectados). En este sentido, resulta difícil pensar que una presa mayor en Santolea pudiese acumular agua de forma sistemática en los ciclos húmedos para ser utilizada en los secos. Una pared de más altura en dicho embalse serviría sólo para almacenar ocasionalmente “gotas frías”. Sin embargo, es cuando menos dudoso, que el coste de una obra semejante pueda ser compensado por la escasa capacidad de regulación aportada. En el momento de redactar este estudio, desconocemos los resultados del proyecto que a tal fin existe en la CHE, pero esperamos que dicho trabajo arroje más luz sobre este importante punto.

Continuando con la descripción del proceso de elaboración del modelo, podemos observar que la variable sobre la que giran todas las simulaciones es el volumen de aportaciones del río. En función de dicha variable, tendremos un determinado nivel de satisfacción de las demandas y un volumen concreto de reservas al final del año hidrológico. Si todas las demandas se satisfacen y tenemos un nivel de reservas al menos igual que el de principio de año, podremos decir que estamos ante un equilibrio estable de

recursos y de demandas. La cuestión es establecer si ese equilibrio puede darse para un nivel de aportaciones que podríamos caracterizar como normal o medio. En nuestro caso, ese nivel de referencia es de 110 Hm³ anuales distribuidos a partes iguales en los dos semestres (estos son el valor y la distribución temporal que se derivan de los datos históricos disponibles para el río Guadalupe).

Sobre esta idea giran las conclusiones que se han obtenido en el estudio. Con esto finalizamos el apéndice esperando que haya contribuido a clarificar las fuentes de información y el laborioso proceso que hay detrás de la presentación final del estudio.

Bibliografía

- Bielsa, J. (1999): *Gestión Integrada del Agua en el Territorio desde una perspectiva económica*. Ed.: Consejo de Protección de la Naturaleza. Zaragoza.
- Bielsa, J. y R. Duarte (2000): “Modelling Water Resources Allocation: A case study on Agriculture versus Hydropower Production”. *Proceedings de 69th Seminar of European Association of Agricultural Economists. Sustainable Energy: New Challenges for Agriculture and Implications for Land Use*. Wageningen. The Netherlands. 18- 20 Mayo. 2000.
- Binmore, K. y P. Dasgupta (1987): *The Economics of Bargaining*. Ed: B. Blackwell. Oxford.
- Butcher, W.R. y P.R. Wandschneider (1986): “Competition between Irrigation and Hydropower in the Pacific Northwest”. En Frederic, K. (Ed.). *Scarce Water and Institutional Change*. Ed: Resources for the Future. Washington D. C.
- Fundación CIRCE (1998): *Estudio de viabilidad de la central hidroeléctrica de Mas de las Matas*
- Houston J.E. y N.K. Whittesey (1986): “Modelling Agricultural Water Markets for Hydropower Production in the Pacific Northwest”. *Western Journal of Agricultural Economics*, 11, pp. 221- 231.
- Naredo, J.M. y J.M. Gascó (1994): “Spanish Water Accounts”. *OCDE ENV/EPOC/SE/ A (94).Environmental Accounting for Decision Making*. París.
- Randall, A. (1981): “Property Entitlements and Pricing Policies for Maturing Water Economy”. *The Australian Journal of Agricultural Economics*. 25. pp. 195- 220.
- Sumpsi, J.M.; A. Garrido; M. Blanco; C. Varela y E. Iglesias (1998): *Economía y Política en la Gestión del Agua en la Agricultura*. Eds: Mundiprensa y M.A.P.A. Madrid.
- Tabuenca, J.M. (1995): *Curso sobre uso, ahorro y calidad de agua*. Ed.: D.G.A. Zaragoza.

Fuentes estadísticas:

- Anuario Económico de Aragón
- Confederación Hidrográfica del Ebro
- Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. D.G.A.
- Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales 1995. D.P.T.
- Guía de Servicios Turísticos de Aragón 1998. D.G.A.
- Instituto Aragonés de Estadística
- Instituto Aragonés de Fomento
- Instituto Nacional de Estadística
- Instituto Nacional de Meteorología. (C.T. de A.R.N., C.P.V.-D.G.A.)
- Libro Verde de Entidades Financieras Jun'98 (CTD)
- Mapa de Carreteras de España