

# USOS CONFLICTIVOS DEL AGUA: BÚSQUEDA DE SOLUCIONES

## CONFLICTING WATER USES: A SEARCH OF SOLUTIONS

CAMILO OCHOA RIVERA

*I.C., Doctor en Ingeniería Civil, Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (IIAMA)  
Camino de Vera, s/n, Valencia, España; jochoa@ono.com*

Recibido para revisar 13 de Julio de 2006, aceptado 31 de Octubre de 2006, versión final 20 de Noviembre de 2006

**RESUMEN:** Las confrontaciones derivadas del reparto y usos del agua, cada vez más comunes, han motivado en los últimos años un creciente interés por la aplicación de herramientas y técnicas de análisis a casos de conflicto hídrico. En esa dirección avanza el presente artículo, resultado de un estudio de dos hidrosistemas localizados en la cuenca del río Turia de la provincia de Valencia (España), región semiárida en la que el agua representa un bien de gran valor. En el artículo se analiza el impacto que tiene la transformación espacial e hidráulica de un distrito de riego sobre la producción energética de una minicentral, cuando el agua para ambos sistemas se deriva de una misma fuente. La metodología aplicada, que se basa en estimaciones de producción energética y beneficio económico, conduce a varias soluciones factibles para la explotación conjunta de los hidrosistemas en conflicto.

**PALABRAS CLAVE:** Hidroelectricidad, Riego, Conflictos Hídricos.

**ABSTRACT:** Confrontations coming from water allocation and water use have lead in recent years to an increasing concern on the application of tools and techniques to solve the mentioned conflicts. This topic is the core of the paper, which is related to a couple of water resources systems placed in the semi-arid basin of the Turia River (Valencia – Spain), where water represents a high-value good. The impact of the hydraulic and spatial transformations of an irrigation system on the energy production of a hydropower plant is analyzed, considering that water for both, irrigation system and hydropower plant, is derived from the same source. A scenario of conjunctive management for irrigation system and hydropower plant is searched by applying some techniques based on assessments of energy production and economic benefits.

**KEYWORDS:** Hydropower, Irrigation Systems, Water Conflicts.

### 1. INTRODUCCIÓN

El agua ha sido motivo de conflictos a lo largo de la historia de la humanidad, debido a que es un bien insustituible, limitado y esencial para el desarrollo de la vida. En la mayoría de los casos, las confrontaciones entre los usuarios del agua han tenido su origen fundamentalmente en la contaminación del recurso (Morrison et al., 1996), en la aparición simultánea de usos en competencia (Brown, 1998), en su distribución geográfica irregular o desequilibrada (Martín, 1998), en su escasez temporal y espacial (Buras,

2001), y en su mala gestión por parte de los poderes públicos (Llamas, 2005a).

Algunos de los conflictos hídricos de mayor impacto y duración han tenido lugar en Oriente Medio, y forman parte significativa de las causas de confrontación bélica entre los países de la región (Bulloch y Adel, 1993; Lowi, 1995). El uso de las aguas de los ríos Tigris y Éufrates para proyectos de expansión hidroeléctrica y agraria ha sido durante años motivo de fuertes tensiones entre Turquía, Siria e Irak (Beall, 1995); la asignación de recursos hídricos procedentes del río Jordán, para el abastecimiento

urbano y riego agrícola de las poblaciones de Israel y Jordania, ha constituido un factor de gran peso en las confrontaciones históricas entre estas dos naciones (Allan, 1996); el conflicto Palestino-Israelí, según algunos investigadores (Elmusa, 1996; Salmi, 1997; Prusher, 1998), tiene una de sus más profundas raíces en las disputas por las fuentes de agua, entre las cuales, el acuífero de Cisjordania juega un papel esencial.

Pero los conflictos hídricos no sólo se dan en regiones áridas en las que el agua es escasa, como el Medio Oriente, sino también allí donde el recurso abunda, como sucede por ejemplo en la frontera entre Tailandia y Laos, por la que discurre el río Mekong, cuyo aprovechamiento hidroeléctrico por parte del primero de estos países constituye el motivo de la discordia (Weatherbee, 1997). Otro caso emblemático a nivel global es el del río Colorado, cuya explotación ha sido, durante más de un siglo, motivo de divergencias entre los distintos Estados de la Unión Americana que se sirven de sus aguas, así como entre Estados Unidos y México (Vaux, 1998). En Latinoamérica, uno de los casos más documentados (Bauer, 1998) es el de Chile, donde la explotación hidroeléctrica de los ríos Maule y Bío Bío ha planteado serias controversias de gran alcance socio-económico y político por su impacto en la agricultura de regadío.

Por su parte, España es uno de los países donde los conflictos hídricos han sido casi constantes durante el último siglo y medio. De un lado están los conflictos de orden internacional, esencialmente con Portugal, debido a que la mayoría de los grandes ríos de la península ibérica –Tajo, Duero, Miño, Guadiana– están compartidos por los dos países (Segura, 1994). Y de otro lado se encuentran los conflictos hídricos internos, que se deben en gran parte al caos jurídico y a la falta de una mayor asistencia técnica por parte de los gestores del recurso hídrico (Llamas, 2005b).

En el caso español se ha visto claramente que el alcance de soluciones satisfactorias para un conflicto hídrico exige acuerdos a la luz de un marco claro de negociación, que consulte las necesidades reales de los usuarios del recurso y sus metas de desarrollo. La definición de dicho marco pue-

de ser más completa si se aplican herramientas técnicas para el análisis de los distintos escenarios factibles de solución (Andreu, 1998). Este artículo avanza justamente en esa dirección, ya que en él se ilustra el empleo de herramientas técnicas para el análisis de los posibles escenarios de solución a un conflicto hídrico real en la cuenca del río Turia (España), entre una mini-central hidroeléctrica y un distrito de riego. Para ello, en el siguiente apartado se reseñan los principales antecedentes del conflicto, luego se hace una descripción del mismo, después se presenta la metodología técnica aplicada al análisis del conflicto, luego se describen los escenarios de solución factibles, y finalmente se indican las conclusiones del estudio.

## 2. ANTECEDENTES

Durante las dos últimas décadas, y más particularmente en los últimos seis años, España ha vivido un intenso debate en materia de planificación y gestión de sus recursos hídricos, no sólo en el ámbito técnico-científico, sino también en el social, económico y político. Dos grandes hitos en este sentido son: 1) la entrada en vigor de la *Ley 29/1985 de 2 de Agosto de Aguas* (BOE, 1985), mediante la cual se inicia de forma seria por parte del Estado el ordenamiento y la regulación de los usos del agua en España, con el fin de propender por una gestión integrada y armónica; y 2) la suscripción por parte de los países miembros de la Unión Europea de la *Directiva Marco de las Aguas* (Parlamento Europeo y Consejo, 2000), por la cual se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

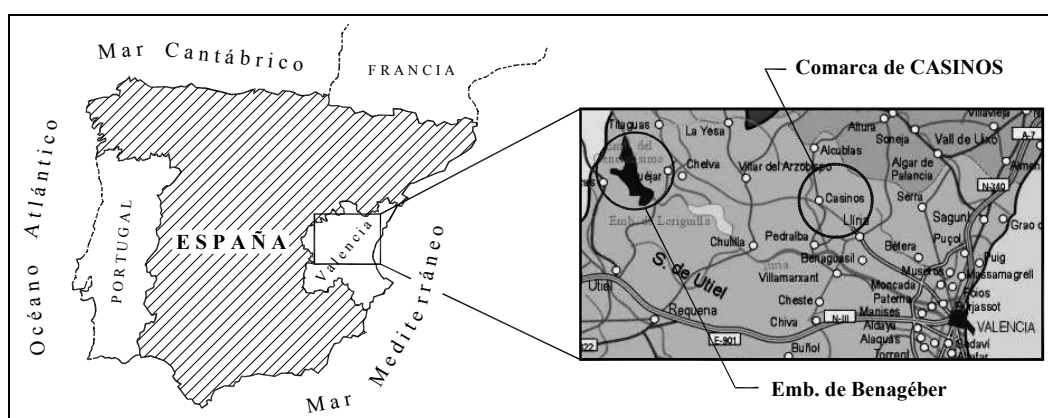
Estos dos instrumentos legislativos, sumados a los graves efectos de la sequía del periodo 1991-1995 y a la gran polémica generada por la sequía actual, han llevado a que en España la gestión del recurso hídrico se centre más en la oferta que en la demanda, con el propósito de lograr un uso más eficiente del agua. Entre las principales estrategias específicas empleadas hasta hoy para alcanzar dicho fin se encuentran: 1) la elaboración de inventarios sobre las disponibilidades hídricas; 2) la implementación de sistemas de reutilización del agua; 3) la desalación de aguas marinas; 4) la estructuración de mercados del

agua; 5) la reducción de las pérdidas de los sistemas de distribución de riego y de abastecimiento urbano; 6) el análisis y tratamiento del agua como un bien económico; y 7) el fomento a la modernización de los sistemas de riego agrícola. Esta última ha sido una de las medidas más aplicadas en España en los últimos años, debido a que con ella se consiguen significativos ahorros de agua (Llamas, 1996; Sagardoy, 1999). Sin embargo, en algunas ocasiones, la modernización de los viejos sistemas de riego ha generado confrontaciones entre sus usuarios y los de otros sistemas hídricos como el abastecimiento urbano o las explotaciones hidroeléctricas. Aquí

se trata justamente un caso relacionado con este último tipo de conflictos: una minicentral hidroeléctrica cuya producción energética se ha visto seriamente comprometida por la modernización de un distrito de riego.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL CONFLICTO

La zona geográfica en la que se emplazan los sistemas hídricos en conflicto corresponde al Este de España, provincia de Valencia, sobre la cuenca del río Turia, comarca de Casinos, tal como se indica en la Figura 1.



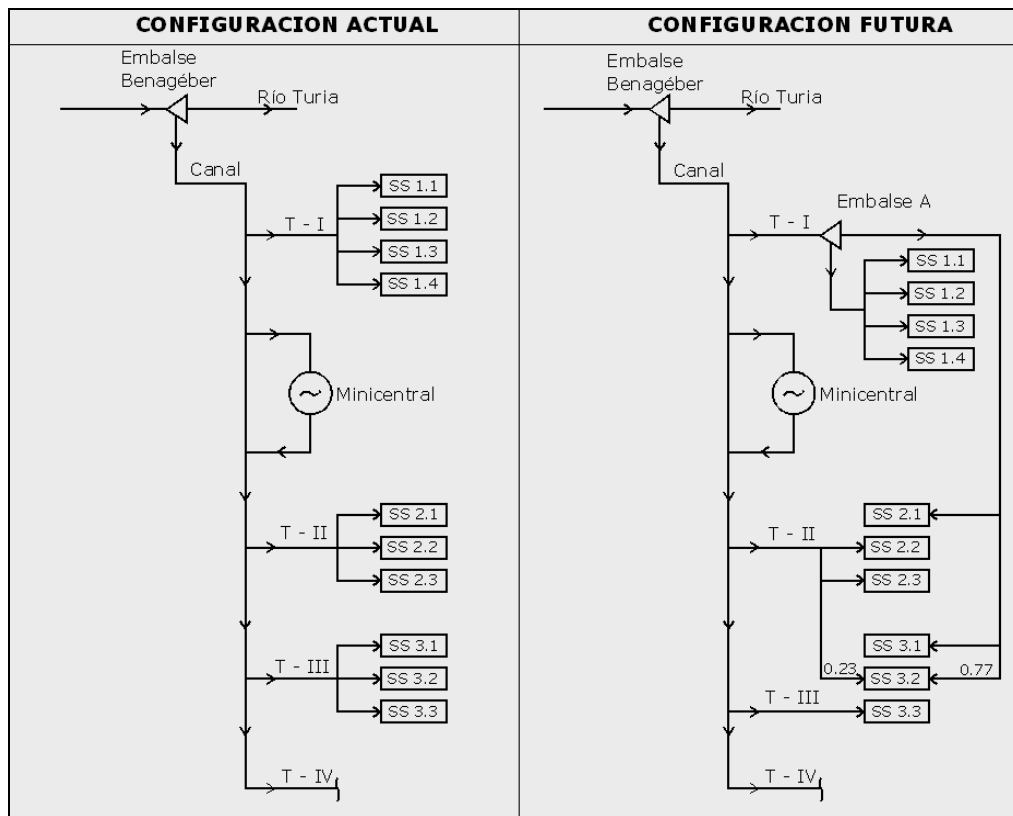
**Figura 1.** Localización de los hidrosistemas en conflicto  
**Figure 1.** Location of conflicting hydrosystems

Durante varias décadas, la cooperativa de agricultores Comunidad de Regantes de Casinos (CR Casinos) se ha dedicado al cultivo de grandes extensiones de tierra en esta zona de España, llegando a ser hoy día una explotación agraria mancomunada a escala industrial, con productos de exportación. El riego se ha hecho tradicionalmente a través de un extenso sistema de antiguas acequias, que en los últimos años han sido conectadas al Canal del Campo del Turia (Canal), una estructura bastante más nueva, que tiene una longitud total de 62 km y una capacidad nominal de 25 m<sup>3</sup>/s. El Canal, que se alimenta desde el embalse Benagéber (228 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>) sobre el río Turia, presenta una fuerte caída topográfica en el sector conocido como la Escalinata de Casinos, condición que en 1988 fue prevista por la empresa Energías Renovables de Casinos S. A. (Ercasa) para el potencial emplazamiento de una minicentral hidroeléctrica.

Ercasa solicitó en 1988 a la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) —ente estatal encargado de la gestión del agua en esta zona de España— una concesión de aguas del Canal y la correspondiente autorización para la construcción y operación de la minicentral, logrando el concepto favorable por parte de dicho Organismo un año más tarde. En su resolución de autorización y concesión, la CHJ estableció que la explotación de la minicentral no debía afectar en ningún caso la gestión normal del sistema de riego de CR Casinos, de tal suerte que la minicentral tendría que estar supeditada al funcionamiento de dicha explotación agrícola. La minicentral entró en operación en 1992, año a partir del cual ambos sistemas hídricos funcionaron de forma compatible, sin que ninguno viera afectadas sus metas de producción y desarrollo industrial. Esto sucedió hasta el año 2005, cuando se

iniciaron los primeros enfrentamientos entre Ercasa y CR Casinos, debido a que ésta empezó a proyectar una serie de obras para modernizar su infraestructura de riego, con el fin de sustituir el viejo sistema de acequias por un sistema de riego por goteo. En el diseño de la nueva red de riego se proyectaron varios embalses ubicados en cotas altas, para alimentar la red en las condiciones adecuadas de presurización. Algunos de estos embalses se localizarán en puntos topográficos más altos que la minicentral, obligando a

que parte de los volúmenes que hasta ahora se han derivado desde un punto del Canal ubicado aguas abajo de la minicentral hacia las zonas regables, y que por tanto podían ser aprovechados para producción hidroeléctrica, se tengan que tomar desde un punto del Canal ubicado aguas arriba de la minicentral, sin que puedan ser explotados por ésta. La Figura 2 muestra la *configuración actual* y la *configuración futura* del funcionamiento hidráulico de los hidrosistemas.



**Figura 2.** Configuraciones actual y futura de los hidrosistemas  
**Figure 2.** Current and future scenarios of hydrosystems

En la figura se puede ver que la minicentral se halla aguas abajo de la Toma I y aguas arriba de la Toma II. Hasta ahora, CR Casinos ha derivado el agua a través de las Tomas I y II para regar las zonas denominadas Sector 1 y Sector 2. Aguas abajo de la Toma II se encuentra la Toma III con la cual se riega la zona denominada Sector 3, y más abajo está la Toma IV, mediante la cual se riega el Sector 4. Por tanto, los volúmenes de agua hasta ahora aprovechados por la minicentral han sido los derivados por las Tomas II, III y IV. En la configuración futura, es decir, después

de la modernización del sistema de riego, y tal como se indica en la Figura 2, parte de los Sectores 2 y 3 (subsectores 2.1, 3.1 y el 77% del subsector 3.2) pasarían a ser regados desde el Embalse A, el cual se ha previsto que sea alimentado mediante la Toma I. Esto significa que el volumen total aprovechable hasta ahora (configuración actual) por la minicentral disminuiría después de la modernización del riego (configuración futura) en una cantidad igual a la suma de los volúmenes requeridos por los subsectores que se conectarán al Embalse A. En la Tabla 1 se

presentan las áreas (ha) de los Sectores y subsectores servidos por las Tomas I, II y III, corres-

pondientes a la configuración actual y la configuración futura.

**Tabla 1.** Áreas de los sectores y subsectores de riego: (a) Configuración Actual; (b) Configuración Futura  
**Table 1.** Surface of irrigation sectors and sub-sectors: (a) Current Scenario; (b) Future Scenario

(a)					(b)				
TOMA	SECTOR		SUBSECTOR		TOMA	SECTOR		SUBSECTOR	
	NRO.	ÁREA	NRO.	ÁREA		NRO.	ÁREA	NRO.	ÁREA
I	1	1319,56	1.1	575,07	I	1	2521,47	1.1	575,07
			1.2	307,75				1.2	307,75
			1.3	153,37				1.3	153,37
			1.4	283,37				1.4	283,37
II	2	1371,63	2.1	430,00	II	2	1058,19	2.1	430,00
			2.2	496,63				3.1	383,04
			2.3	445,00				3.2	388,87
III	3	1295,76	3.1	383,04	III	3	407,29	2.2	613,19
			3.2	505,43				2.3	445,00
			3.3	407,29				3.3	407,29

#### 4. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Ante el conflicto hídrico planteado se analizaron varias alternativas de solución: 1) ciclo combinado turbinación–bombeo desde la minicentral, retornando al Embalse A los caudales empleados en la generación eléctrica; 2) alimentación del Embalse A sólo en las horas de generación energética valle; 3) aumento del plazo concesional de la minicentral en un tiempo equivalente al necesario para salvar dentro de la configuración futura (después de la modernización del riego) las inversiones realizadas y alcanzar los beneficios correspondientes a la configuración actual. De las tres alternativas, las dos primeras fueron rechazadas por CR Casinos, debido a que ésta argumentaba que mediante cualquiera de ellas CR Casinos perdía la autonomía sobre la explotación del Canal. En cambio, Ercasa y CR Casinos estuvieron de acuerdo en someter a un análisis detallado la tercera alternativa, con el fin de obtener a partir de ésta una solución viable a ambas partes.

La metodología empleada para determinar el aumento del plazo concesional de la explotación de la minicentral consistió en estimar la diferencia temporal que se requiere para que el *Valor Actualizado Neto* (VAN) de un *escenario futuro* dado sea igual al valor que dicho parámetro tiene en el *escenario actual*. Se empleó el VAN por ser un índice muy usado para hacer estimaciones de factibilidad económica de minicentrales, que compite favorablemente con otros métodos de

análisis económico (Penche, 1998). Los escenarios estudiados tienen las siguientes características:

- *Escenario A1* (escenario actual con un grupo generador): Corresponde a la configuración actual (Figura 2), es decir, antes de que se modernice el sistema de riego de C.R. Casinos. La minicentral dispone de un único grupo generador.
- *Escenario F1* (escenario futuro con un grupo generador): corresponde a la configuración futura (Figura 2), es decir, después de que se haya modernizado el sistema de riego de la C.R. Casinos. La minicentral dispone de un grupo generador.
- *Escenario F2* (escenario futuro con dos grupos generadores): en éste se tiene la configuración futura del sistema de riego de C.R. Casinos, y la minicentral se supone funcionando con el grupo generador actual y uno adicional más pequeño, con el cual se turbinarían los caudales inferiores al caudal mínimo del grupo actual.

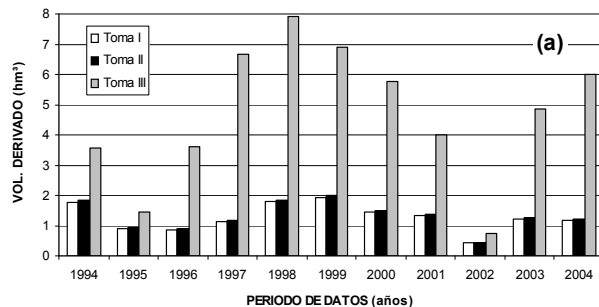
A cada escenario se le calculó la evolución del VAN durante un horizonte temporal suficientemente amplio, a partir del cual se pudiera establecer el aumento del plazo concesional de la minicentral. Los cálculos se hicieron a escala anual, llevando a cabo los siguientes pasos: 1) evaluación de los volúmenes derivados del Canal por las Tomas I, II y III para la configuración actual y la futura; 2) evaluación de los pa-

rámetros técnicos de la minicentral; 3) estimación de la producción energética de la minicentral; 4) cálculo de las curvas de evolución temporal del VAN; y 5) lectura en dichas curvas de la diferencia temporal entre distintos escenarios para un mismo VAN.

#### 4.1 Volúmenes derivados por las tomas

El primer paso en los cálculos consistió en obtener los volúmenes derivados por las Tomas I, II y III para la configuración actual y la configuración futura. La estimación de los primeros se hizo recurriendo a datos mensuales de volúmenes trasegados por el Canal, proporcionados por la CHJ, correspondientes al periodo 1994–2004. Dichos volúmenes fueron depurados mediante comprobaciones basadas en el balance hídrico de las salidas del embalse de Benagéber, las pérdidas estimadas en el Canal y las mediciones a boca de toma en las derivaciones hacia los distintos sectores de riego.

Los volúmenes de la configuración futura se calcularon en función de los volúmenes de la configuración actual y de las áreas de riego actuales y futuras, tal como se indica en las Ecuaciones (1) a (3), teniendo en cuenta que el área total futura a regar es igual al área total de riego actual. De esta forma, el volumen total futuro derivado por las tres tomas se conserva, es decir,



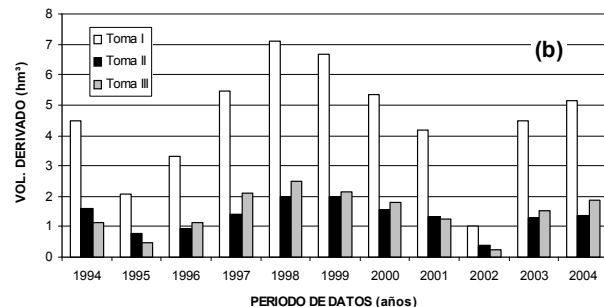
se mantiene igual al volumen total que en la actualidad se deriva por ellas.

$$VF(I) = VA(I) + \frac{ssf_{2,1}}{S_2} VA(II) + \frac{ssf_{3,1} + ssf_{3,2}}{S_3} VA(III) \quad (1)$$

$$VF(II) = \frac{ssa_{2,2} + ssa_{2,3}}{S_2} VA(II) + \frac{ssf_{2,2} - ssa_{2,2}}{S_3} VA(III) \quad (2)$$

$$VF(III) = \frac{ssf_{3,3}}{S_3} VA(III) \quad (3)$$

Siendo  $VF(i)$  el volumen a derivar por la Toma  $i$  ( $i = I, II, III$ ) en la Configuración Futura;  $VA(i)$  el volumen que se deriva por la Toma  $i$  en la Configuración Actual;  $ssa_{k,j}$  el área del subsector  $kj$  en la Configuración Actual;  $ssf_{k,j}$  el área del subsector  $kj$  en la Configuración Futura; y  $S_k$  el área del sector  $k$  en la Configuración Actual. De esta forma se obtuvieron los volúmenes de la configuración actual y la configuración futura, en  $hm^3$  (ó  $10^6 m^3$ ), indicados en la Figura 3.



**Figura 3.** Volúmenes derivados por Tomas I, II y III: (a) Configuración Actual; (b) la Configuración Futura  
**Figure 3.** Water volumes derived by Intakes I, II and III: (a) Current Scenario; (b) Future Scenario

#### 4.2 Parámetros técnicos de la minicentral

El cálculo de la producción energética de la minicentral se basa en los volúmenes derivados por las tomas bajo estudio, así como en los parámetros técnicos de la minicentral: 1) eficiencia de la

turbina; 2) tiempo medio de funcionamiento anual del grupo generador; 3) coeficiente de vertido; y 4) potencia media. Por ello, el siguiente paso consistió en la evaluación de dichos parámetros, tal como se describe a continuación.

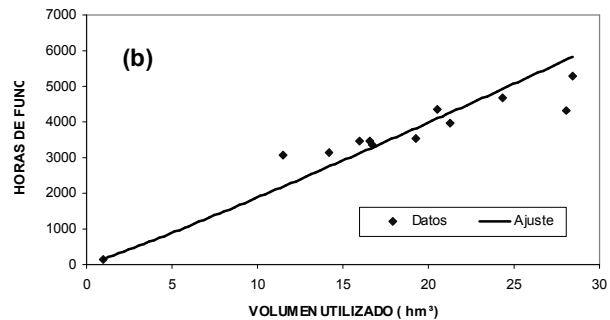
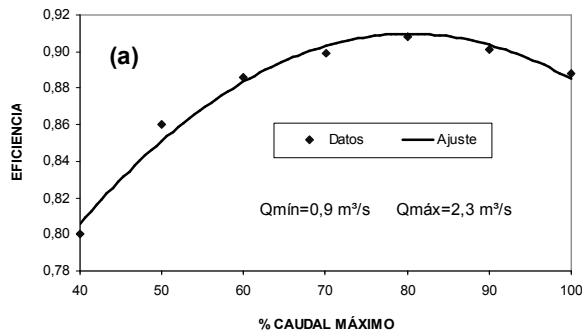
**Curva de eficiencia de la turbina.** Se obtuvo a partir de datos de eficiencia medidos por Ercasa para distintos caudales turbinados, durante distintos ciclos de generación a lo largo de los últimos años. A esos datos se les hizo un ajuste por regresión, tal como se indica en la Figura 4a, con el fin de obtener la Ecuación (4), que da la eficiencia ( $Ef$ ) de la turbina en función del caudal turbinado, expresando éste como porcentaje del caudal máximo turbinable ( $\%QM$ ).

$$Ef = -0.000064(\%QM)^2 + 0.010281(\%QM) + 0.497214 \quad (4)$$

**Horas de funcionamiento.** La energía bruta media anual que produce la minicentral es función del número de horas al año durante las cua-

les funciona la turbina. Ese número de horas ( $HF$ ) está estrechamente relacionado con los volúmenes utilizados ( $VU$ ) por la minicentral, ya que éstos determinan cuándo entra o no a funcionar el grupo generador. Dado que la minicentral disponía de una serie de datos  $HF$  vs  $VU$  correspondientes a los años 1992 – 2003, se procedió a hacer un ajuste por regresión, indicado en la Figura 4b, para obtener la Ecuación (5), con el fin de emplearla en estimaciones de producción de energía en horizontes temporales futuros.

$$HF = 156.09(VU)^{1.0815} \quad (5)$$



**Figura 4.** (a) Curva de eficiencia de la turbina. (b) Curva de horas de funcionamiento  
**Figure 4.** (a) Efficiency curve of turbine. (b) Working-time curve of turbine

**Coefficiente de vertido.** Un parámetro esencial para estimaciones y proyecciones de producción energética en la minicentral es el *volumen vertido total* ( $VV$ ), es decir, la suma de los volúmenes correspondientes a los caudales menores que el mínimo turbinable ( $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y mayores que el máximo turbinable ( $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ ). El volumen vertido total depende fuertemente del *volumen trasegado* ( $VT$ ) o volumen que pasa por el Canal en el sitio de la minicentral, y se puede expresar como una fracción de éste, obteniendo así el denominado *coeficiente de vertido* ( $CV$ ), de tal forma que  $CV=VV/VT$ . En este estudio se halló la Ecuación (6) mediante análisis de regresión a partir de datos disponibles en la minicentral, la cual permite estimar el coeficiente de vertido en términos del volumen trasegado.

$$CV = 0.1213(VT)^2 - 6.1864(VT) + 98.671 \quad (6)$$

**Potencia media.** Tal como sucede en cualquier central hidroeléctrica, la potencia media suele ser una expresión probada y conocida, es decir, una característica inherente, que para este caso es la Ecuación (7). Ésta está dada en función del salto neto ( $H_n$ ) de la minicentral, el caudal aprovechable ( $Q$ ) por ésta, y una eficiencia total resultante del producto de las eficiencias de la turbina ( $\eta_t$ ), del transformador ( $\eta_b$ ), semineta ( $\eta_s$ ) y neta máxima ( $\eta_n$ ).

$$P = 9.81H_n\eta_t\eta_b\eta_s\eta_n \quad (7)$$

con

$$H_n = 57.93 - 0.383842Q^2 - 0.173106Q$$

### 4.3 Energía bruta media anual

Después de definir los parámetros técnicos de la minicentral se procedió a hacer las estimaciones de energía media anual para cada uno de los escenarios bajo análisis (A1, F1, F2), de la siguiente forma: 1) cálculo del caudal medio anual; 2) estimación del coeficiente de vertido en función del volumen medio anual, mediante la Ecuación (6), para obtener el volumen vertido total medio anual; 3) cálculo del volumen utilizado (turbinado) medio anual como la diferencia entre el volumen trasegado por el canal y el volumen vertido total medio anual; 4) estimación

del número anual de horas de turbinación, mediante la Ecuación (5), para emplear dicho parámetro en la evaluación del caudal medio turbinado durante las horas de funcionamiento; 5) obtención de la eficiencia de la turbina, mediante la Ecuación (4), y posterior cálculo de la potencia media anual, aplicando la Ecuación (7); y 6) evaluación de la energía media anual resultante del producto entre la potencia media anual y el número de horas de turbinación al año. En la Tabla 2 se presentan los resultados de estos cálculos.

**Tabla 2.** Energía bruta media anual  
**Table 2.** Annual average of gross energy

PARÁMETRO	ESCENARIO			
	A1	F1	F2	
			Grupo 1	Grupo 2
Volumen medio anual trasegado (hm³):	20,8	17,6	17,6	
Volumen medio anual trasegado (m³):	20803895	17599909	17599909	
Caudal medio (m³/s):	0,660	0,558	0,558	
Coefficiente de vertido (%):	22	27	27	28
Volumen vertido total (m³):	4674359	4816113	4816113	1337809
Volumen vertido total (hm³):	4,67	4,82	4,82	1,34
Volumen utilizado total (m³):	16129536	12783796	12783796	3478304
Volumen utilizado total (hm³):	16,1	12,8	12,8	3,48
Horas de funcionamiento:	3158	2456	2456	1424
Qmed en horas de Func. (m³/s):	1,419	1,446	1,446	0,679
Salto neto (m):	56,91	56,88	56,88	56,88
Qmed/Qmáx (%):	62	63	63	75,39
Eficiencia turbina:	0,888	0,891	0,891	0,909
Potencia media (kW):	647	661	661	316
Energía bruta media anual (kWh):	2043488	1623594	1623594	450661
Energía bruta media anual (MWh):	2043	1624	1624	451

### 4.3 Evolución del Valor Actualizado Neto

Se estimó el Valor Actualizado Neto (VAN) año a año para un horizonte temporal que va desde 2005 hasta 2060, de acuerdo con  $VAN = -DI + \sum (E_t - S_t) / (1+k)^t$ , siendo  $DI$  la inversión inicial;  $E_t$  los ingresos económicos por producción energética en el año  $t$ ;  $S_t$  los egresos económicos de la minicentral en el año  $t$ ; y  $k$  la

tasa de interés asociada a la rentabilidad de la minicentral. En la Tabla 3 se presentan los datos empleados en las estimaciones del VAN, entre los cuales, el canon CHJ corresponde al impuesto que la CHJ le cobra a Ercasa por el aprovechamiento del agua del canal con fines industriales.

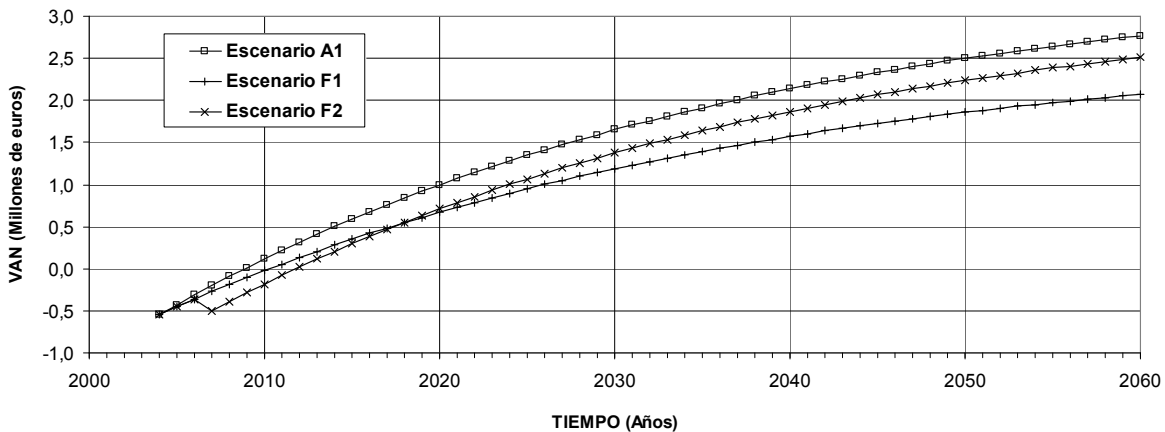


**Tabla 3.** Datos para la estimación del VAN  
**Table 3.** Data for estimating the value of *VAN*

PARÁMETRO	ESCENARIO		
	A1	F1	F2
Tasa de interés (%):	3	3	3
Inversión Grupo 2 (€):	-	-	252.425
Inversión inicial (€):	547.400	547.400	547.400
Costos por año (€):	3.000	3.000	3.000
Energía anual total (kWh):	0	0	0
Energía anual Grupo 2 (kWh):	-	-	0
Energía anual total (MWh):	0	0	0
Valor del kWh (€):	0,064909	0,064909	0,064909
Canon CHJ (€):	0,003245	0,003245	0,003245

En la Figura 5 se presenta la evolución del VAN para los tres escenarios analizados (A1, F1 y F2), considerando un horizonte temporal futuro que se extiende hasta el año 2060. En ella se puede observar que efectivamente cualquiera de los escenarios futuros (F1, F2) disminuye la rentabi-

lidad por producción energética, pero es justamente esa diferencia entre las tres curvas la característica del análisis que permite esquematizar escenarios de solución, tal como se describe en el siguiente apartado.

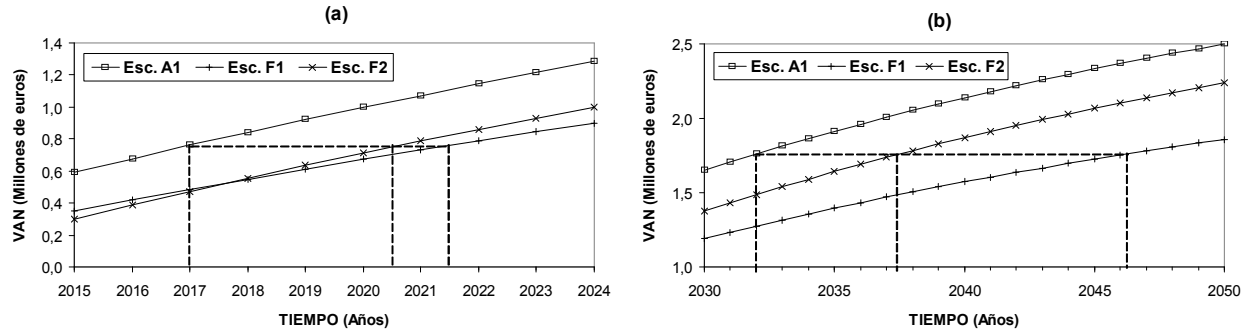


**Figura 5.** Evolución temporal del VAN  
**Figure 5.** Time-progress of *VAN*

### 5 SOLUCIONES FACTIBLES

Como ya se indicó antes, los análisis desarrollados estuvieron dirigidos a determinar el aumento del plazo concesional de la minicentral. De acuerdo con los documentos legales de concesión de las aguas del canal a Ercasa, expedidos por la CHJ, dicha concesión debería finalizar en 2017 si no se hubiera presentado la modernización del riego de CR Casinos (escenario A1), pero Ercasa sostiene que dicha fecha de finaliza-

ción es el año 2032. Por tal razón, la estimación del plazo de ampliación de la concesión se hizo tomando ambos años como posibles fechas a partir de las cuales se aplicaría la ampliación. Ésta se obtuvo hallando el VAN para el escenario A1, y leyendo en las curvas de la Figura 5 el año correspondiente a ese mismo VAN en los escenarios F1 y F2, tal como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6.** Ampliación del plazo concesional a partir de: (a) año 2017; (b) año 2032  
**Figure 6.** Time-extension of concession period: (a) from 2017; (b) from 2032

Si se acepta que la fecha de la finalización de la concesión es el año 2017, ésta tendría que ampliarse en 5 años, si la minicentral sigue trabajando con un grupo generador (escenario F1), o 4 años, si la minicentral trabaja con dos grupos generadores (escenario F2). En cambio, si se asume que la concesión va hasta el año 2032, ésta debe ampliarse en 14 años si la minicentral no adiciona otro grupo generador al actual (escenario F1), o 6 años, si se adiciona otro grupo generador (escenario F2). En síntesis, la ampliación del plazo concesional no debe ser inferior a 4 años ni superior a 14 años. Sobre este rango temporal, Ercasa y CR Casinos han entrado a negociar conjuntamente con la CHJ, para determinar finalmente el tiempo de la ampliación de la concesión; también se ha visto a partir de los análisis hechos que no parece justificable la inversión para instalar un grupo generador adicional al existente.

## 6 CONCLUSIONES

Se ha presentado una breve reseña sobre la importancia a nivel global de los conflictos derivados del aprovechamiento del recurso hídrico, resaltando algunas particularidades del caso español, dentro del cual se ha situado el estudio objeto del presente artículo.

Se han descrito los antecedentes del conflicto hídrico analizado y se ha presentado la metodología empleada para dicho análisis, la cual se basa en estimaciones de producción energética para diferentes escenarios futuros de los hidrosistemas bajo consideración. Dichas estimaciones han permitido evaluar los plazos en que

habría de ampliarse el tiempo de funcionamiento de la minicentral –uno de los dos hidrosistemas en conflicto– para los diferentes escenarios estudiados. Esto se ha hecho mediante el análisis de la evolución del Valor Actualizado Neto (VAN) de la minicentral.

El resultado final del estudio ha conducido a la estimación de un rango temporal, que ha sido aceptado por los gestores de los hidrosistemas en conflicto como base de partida para negociar la posible ampliación de la concesión.

## REFERENCIAS

- [1] ALLAN, J. A. (ed.), *Water, Peace and the Middle East: Negotiating Resources in the Jordan Basin*, St. Martin's Press, New York, 1996.
- [2] ANDREU, J., *Los Sistemas Soporte de Decisión como Contribución Tecnológica para la Resolución de Conflictos Hídricos*, Memorias 4<sup>a</sup> Conferencia Internacional de Conflictos Hídricos – IBERDROLA, Valencia, España, Diciembre 1998.
- [3] BAUER, C. J., *Slippery Property Rights: Multiple Water Uses and the Neoliberal Model in Chile, 1981-1995*, Memorias 1<sup>er</sup> Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas – El Agua a Debate desde la Universidad, Zaragoza, España, Septiembre 1998.
- [4] BEALL, J. W., *Two Rivers of Mesopotamia Still Influence Iraqi and Regional Stability*, *Defense and Foreign Affairs Strategic Policy* 23, 12-13, 1995.

- [5] BOE – Boletín Oficial del Estado, Ley 29/1985 de 2 de Agosto de Aguas, Jefatura del Estado, Madrid, 1985.
- [6] BROWN, E., Global Water Conflicts: Toward Flexible Management of Competing Uses, Memorias 4ª Conferencia Internacional de Conflictos Hídricos IBERDROLA, Valencia, España, Diciembre 1998.
- [7] BULLOCH, J. Y DARWISH ADEL, Water Wars: Coming Conflicts in the Middle East, Gollancz, London, 1993.
- [8] BURAS, N., Water resources. Unresolved issues, Journal of Water Resources Planning and Management, 127 (6), 353, 2001.
- [9] ELMUSA, S. S., The Land-Water Nexus in the Israeli-Palestinian Conflict, Journal of Palestine Studies 25, 69-78, 1996.
- [10] LLAMAS, M. R., El Agua Urbana en el Siglo XXI: Futuros Problemas y Posibles Soluciones, Revista de Obras Públicas, 143(3358), 7-18, 1996.
- [11] LLAMAS, M. R., Los Colores del Agua, el Agua Virtual y los Conflictos Hídricos, Discurso Inaugural del Año Académico 2005-2006, Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 2005a.
- [12] LLAMAS, M. R., Una Causa Radical de los Conflictos Hídricos en España, Tecnología del Agua, 259, 72-77, 2005b.
- [13] LOWI, M. R., Rivers of Conflict, Rivers of Peace, Journal of International Affairs 49, 123-144, 1995.
- [14] MARTÍN, R., Aportaciones Legislativas a la Resolución de Conflictos Hídricos, Memorias 4ª Conferencia Internacional de Conflictos Hídricos IBERDROLA, Valencia, España, Diciembre 1998.
- [15] MORRISON, J. I., S.L. Postel, y P.H. Gleick, The Sustainable Use of Water in the Lower Colorado River Basin, Pacific Institute for Studies in Development, Environment and Security – California, 1996.
- [16] PARLAMENTO EUROPEO Y CONSEJO, DIRECTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2000.
- [17] PENCHE, C. (ed.), Manual de Pequeña Hidráulica – Cómo Llevar a Buen Fin un Proyecto de Minicentral Hidroeléctrica, European Small Hydropower Association – Dirección General de Energía (DG XVII), Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas, 1998.
- [18] PRUSHER, I. R., Water Lies at Heart of Mideast Land Fight, Christian Science Monitor 90, 1, 1998.
- [19] SAGARDOY, J. A., Las Tensiones entre el Regadío y Demás Usuarios, Riegos y Drenajes XXI, 106, 39-46, 1999.
- [20] SALMI, R. H., Water, the Red Line: The Interdependence of Palestinian and Israeli Water Resources, Studies in Conflict and Terrorism, 20, 15-65, 1997.
- [21] SEGURA, R., El Agua en España: Problemas y Soluciones, Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 18, 29-38, 1994.
- [22] VAUX Jr., H. J., The Resolution of Conflict in the Colorado River Basin, Memorias 4ª Conferencia Internacional de Conflictos Hídricos IBERDROLA, Valencia, España, Diciembre 1998.
- [23] WEATHERBEE, D. E. Cooperation and Conflict in the Mekong River Basin, Studies in Conflict and Terrorism, 20, 167-184, 1997.