

# La eficiencia energética del trasvase Tajo-Segura

## Resumen

El consumo energético del trasvase Tajo-Segura no es homogéneo en los distintos destinos del agua, ya que dependiendo del punto al que haya que conducir el agua, hace falta más o menos energía. El coste energético medio del agua del trasvase Tajo-Segura es 1,21 kWh/m<sup>3</sup>. Los costes energéticos de la desalinización dependen del tipo de proceso que se emplee para desalinizar el agua, de la antigüedad de la planta, del tamaño de la planta y de la densidad del agua a tratar. En cualquier caso los costes energéticos de la desalinización entre 3,8 y 4,2 kWh/m<sup>3</sup> son muy superiores a los del trasvase Tajo-Segura 1,21 kWh/m<sup>3</sup>. Debido fundamentalmente al componente energético, el agua del trasvase TS es más eficiente en costes que la desalada y por tanto no es aceptable el intercambiar un recurso por otro.

Joaquín  
Melgarejo Moreno

Departamento de Análisis  
Económico Aplicado  
Universidad de Alicante

Borja  
Montaño Sanz

Departamento de Análisis  
Económico Aplicado  
Universidad de Alicante

## 1. Introducción

Con el cambio de Gobierno producido en marzo de 2004, la gestión pública de los recursos hídricos en España dio un giro radical. El Plan Hidrológico Nacional, que había sido aprobado en 2001, fue suspendido, precipitadamente, en una de sus principales actuaciones: el trasvase del Ebro a las cuencas internas de Cataluña, Júcar, Segura y Almería; para contrarrestar esta decisión se elaboró una nueva estrategia que pretendía sustituir el agua procedente del Ebro por la producida, principalmente, por desalinización de agua de mar. Para ello se activó en junio 2004 el Programa AGUA (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua), donde se proponía un conjunto de plantas desalinizadoras en toda la fachada mediterránea. En estos últimos años, en ocasiones y por determinados autores, se han extremado mucho los argumentos a favor y en contra de la desalinización y los trasvases, nosotros entendemos que no se trata de obtener recursos de forma alternativa o contrapuesta, sino más bien de la necesaria complementariedad de ambos en los espacios con graves problemas de escasez estructural como la cuenca del Segura.

El trasvase Tajo-Segura y las plantas desalinizadoras geográficamente próximas a su área de influencia (San Pedro del Pinatar y de Alicante), no pueden considerarse como recursos sustitutivos, ya que proporcionan recursos permanentes para el abastecimiento a través de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (MCT), el coste energético necesario para la obtención de agua a través

de este procedimiento es claramente superior al del trasvase Tajo-Segura. Las características de estas desalinizadoras y el trasvase hacen que sean recursos complementarios. En este artículo analizaremos las diferencias existentes entre la desalación y el trasvase Tajo-Segura, centrándonos especialmente en el consumo energético de ambos procesos.

En el trabajo pretendemos responder a una pregunta. ¿Cuál es la diferencia en el consumo energético entre el Trasvase Tajo-Segura y la desalinización? Previamente a la investigación desarrollada, nos planteamos la siguiente respuesta como nuestra hipótesis a contrastar: sabemos que el consumo energético del trasvase Tajo-Segura es menor al de la desalinización, la hipótesis que queremos verificar es si el consumo energético máximo del Trasvase Tajo-Segura es menor que el consumo energético medio de la desalación. En el texto vamos a describir los costes energéticos de la desalación y del trasvase Tajo-Segura y a proponer un modo óptimo de gestionar los recursos hídricos teniendo en cuenta el objetivo de obtener el agua necesaria al mínimo coste ambiental posible.

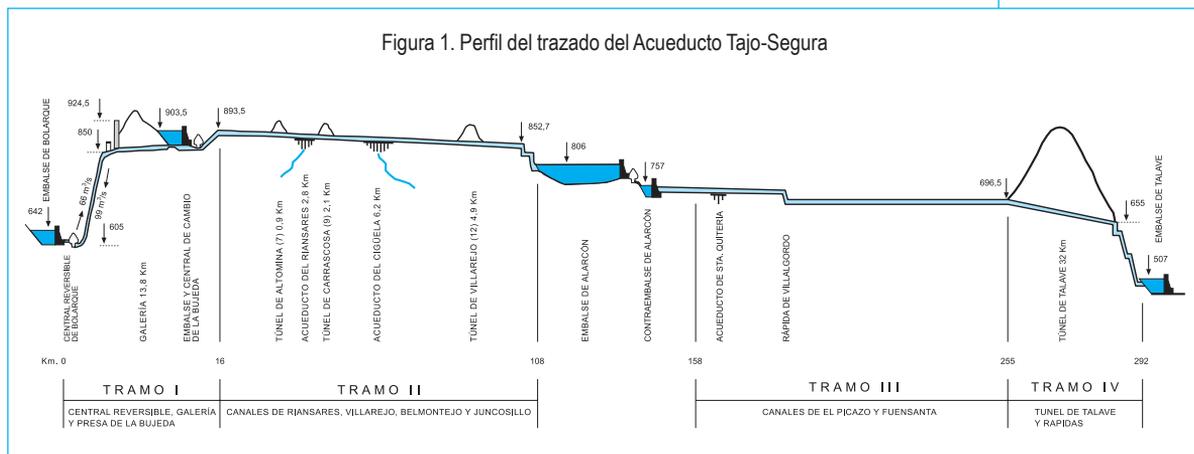
## 2. Costes energéticos del trasvase Tajo-Segura

El objetivo será analizar la eficiencia energética del trasvase Tajo-Segura a lo largo de la infraestructura, diferenciando entre el Acueducto Tajo-Segura (ATS) y el Postrasvase; para ello, se estudiarán los kW consumidos en los distintos tramos.

El ATS conecta el embalse de Bolarque, en el río Tajo con el de Talave, en el Segura. La infraestructura tiene una longitud de 292 km y capacidad para un caudal de 33 m<sup>3</sup>. Las obras del ATS constan de cuatro tramos.

El Tramo I, incluye la elevación reversible de Altomira, pieza clave para explicar la eficiencia energética del trasvase, ya que permite elevar el agua de la presa de Bolarque, a una cota de 636 m, hasta el embalse de la Bujeda, en la Sierra de Altomira, salvando un desnivel de 245 m mediante una doble tubería metálica. El bombeo se realiza en la central reversible de Bolarque II, que consta de cuatro grupos de eje vertical, con su correspondiente turbina-bomba, capaces de bombear 66 m<sup>3</sup>/s. El sistema Bolarque-Bujeda se dimensionó para bombear los 1.000 hm<sup>3</sup>/año previstos, para lo que se preveía un consumo energético de 1.180 millones de kWh/año (CEDEX, 2008).

Figura 1. Perfil del trazado del Acueducto Tajo-Segura



El Tramo II, conecta el embalse de la Bujeda con el de Alarcón, cuenca del Júcar, que permite la regulación de las transferencias en un tramo intermedio del trasvase facilitando así la subsanación de posibles averías.

El Tramo III, enlaza el embalse de Alarcón con el túnel de Talave.

El Tramo IV, está constituido, principalmente, por el túnel de Talave, con una longitud de 32 km; el túnel está perforado a profundidades que oscilan entre los 150 y 320 m. Este Tramo continúa con el canal de Talave, que conduce finalmente el agua hasta el embalse de Talave, sobre el río Mundo, afluente del Segura.

El Postravase, se trata de un conjunto de obras que permiten la regulación, transporte y distribución final del agua a las diferentes áreas receptoras. La principal obra del postravase es el Azud de Ojós, desde el surgen: la elevación de Blanca, la elevación del canal de la margen derecha, con el canal de Almería; el canal principal de la margen izquierda, con el canal de Crevillente; el embalse de La Pedrera y el canal del Campo de Cartagena.

El Azud de Ojós posibilita el funcionamiento de la impulsión de Blanca, que cuenta con una potencia de 9.000 kW para bombear un caudal máximo de 3 m<sup>3</sup>/s a una altura de 171 m, para regar la Zona II de Vega Alta del Segura, con más de 3.500 ha.

El Canal principal de la Margen Izquierda, parte del Azud de Ojos con 82 km de longitud y una capacidad de transporte por gravedad de 16 a 30 m<sup>3</sup>/s, según tramos, para atender los consumos de las zonas regables de la Vega Baja,

Saladares de Alicante, Riegos de Levante (MD y MI) y Campo de Cartagena, que suman más de 90.000 ha. La capacidad de 30 m<sup>3</sup>/s del Canal Principal se mantiene durante 27 km, hasta llegar al Partidor, donde se bifurca en dos ramales: el Canal de Crevillente y el Canal del embalse de La Pedrera, desde el parte el canal del Campo de Cartagena. El Canal del Campo de Cartagena dispone de la impulsión de Fuente Álamo que es capaz de elevar hasta 4,64 m<sup>3</sup>/s hasta una altura de 93 m, la potencia necesaria para llevar a cabo esta impulsión es de 7.500 kW.

Desde el Azud de Ojós parte también el Canal Principal de la Magen Derecha, que incluye los tramos del Canal de Alhama, canal de Alhama al Partidor y el canal de Almería, con una longitud total de 126m. Este Canal Principal requiere de un bombeo inicial a una altura manométrica de 146m, realizada por cuatro grupos de impulsión de 40.000 kW, capaces de elevar 23 m<sup>3</sup>/s hasta una altitud de 278 m. Tras la tubería de impulsión de Ojos, se llega por canal al embalse del Mayés cuya función es la de optimizar los bombeos aprovechando las horas valle, de aquí se parte para llegar a la impulsión de Alhama, este bombeo se realiza por cinco grupos con una potencia total de 11.750 kW, para elevar 10 m<sup>3</sup>/s desde la cota 234 a la 350. Más tarde el postrasvase se dirige al Partidor de Lorca, tras el cual se producen varias derivaciones, de entre las que destaca el canal de Almería, transporta los recursos que recibe el Valle de Almanzora (3.000 ha).

El coste energético del agua del trasvase Tajo-Segura no es homogéneo a lo largo del mismo. De modo que en función de donde vaya un metro cúbico, éste requerirá un mayor o menor coste energético. Independientemente de cual sea el destino del agua, debemos de repercutirle la energía que se consume en la elevación de Altomira, ya que toda el agua del trasvase Tajo-Segura utiliza sus instalaciones. Por otro lado, la elevación de Ojós afecta a todos los usos del canal de la margen derecha del postrasvase.

El agua destinada para riego en la Zona I, cuyos usuarios son las comunidades de regantes de Calasparra y Cieza, tiene un coste energético de 0,87 kWh/m<sup>3</sup> ya que únicamente utiliza la elevación de Altomira.

El agua que se emplea para el riego de la Zona II, representa un 2% del agua total y tiene un coste energético equivalente al consumo energético de Altomira 0,87 kWh/m<sup>3</sup> más el consumo de la impulsión de Blanca 0,549 kWh/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, el agua que llega del trasvase a la Zona II tiene un coste energético de 1,419 kWh/m<sup>3</sup>.

En la margen izquierda, el agua que es elevada en Crevillente, tiene un consumo energético compuesto por la elevación de Altomira  $0,87 \text{ kWh/m}^3$  más los  $0,094 \text{ kWh/m}^3$  de Crevillente, resultando un consumo energético de  $0,964 \text{ kWh/m}^3$ . El agua elevada en Crevillente representa un 19,33% del total. También en la margen izquierda, de un modo similar a lo que ocurre en Crevillente, el gasto energético total del agua que se eleva en Fuente Álamo se obtiene sumando el consumo de Fuente Álamo  $0,347 \text{ kWh/m}^3$  a la energía utilizada en Altomira  $0,87 \text{ kWh/m}^3$ , con lo cual el metro cúbico elevado suma un gasto energético de 1,217 kWh.

El agua que circula por la margen derecha, sin pasar por más elevaciones que la de Ojós y Altomira, representa un 5,61% del total y tiene un coste energético de  $0,87 \text{ kWh}$  más  $0,515 \text{ kWh}$ , es decir,  $1,385 \text{ kWh/m}^3$ . Observamos que los costes energéticos en la margen derecha son mayores que en la margen izquierda, ya que es necesario impulsar el agua en Ojós. Siendo así que el agua elevada en Alhama, que es el 16,75% del total, tiene un consumo compuesto por la impulsión de Alhama  $0,413 \text{ kWh/m}^3$  más el consumo de Ojós  $0,515 \text{ kWh/m}^3$  más el consumo de Altomira  $0,87 \text{ kWh/m}^3$ , de modo que la energía total por metro cúbico que es consumido tras Alhama es de 1,798 kWh. Finalmente en la margen derecha está la elevación de Yéchar, en la que se eleva el 2% del agua, cuyo consumo energético es la suma del consumo de Yéchar ( $0,556 \text{ kWh/m}^3$ ), Ojós ( $0,515 \text{ kWh/m}^3$ ) y Altomira ( $0,87 \text{ kWh/m}^3$ ), obteniéndose un consumo energético total de  $1,941 \text{ kWh/m}^3$ .

En la Tabla 1, podemos observar los distintos usuarios de riego que tiene el trasvase Tajo-Segura, así como el agua a la que tienen derecho por concesión, las elevaciones que son necesarias para llevar el agua a cada usuario y en consecuencia el consumo energético.

Tabla 1. Elevaciones y kWh/m<sup>3</sup> necesarios para llevar el agua a cada usuario de riego del Trasvase Tajo-Segura

Zonas	Usuarios	Concesión trasvase m <sup>3</sup>	Elevaciones necesarias	kWh/m <sup>3</sup>
Zona I	C.R. Calasparra y Cieza	13.488.800	Altomira	0,87 <sup>a</sup>
Zona II	C.R. Sector A. De Abarán C.R. Motor Resurrección C.R. Grupo 1.485 C.R. Sector A. De Blanca C.R. Saque y Navela C.R. Enrique Trenor	4.000.000 4.000.000	Altomira y Blanca Altomira y Blanca	1,419 <sup>b</sup> 1,419
Zona III	C.R. Campotéjar D. Mario Tarraga Aguiló C.R. La Molineta	9.040.200	Altomira	0,87
Zona IV	C.R. San Victor C.R. Rambla Salada C.R. Azarbe del Merancho C.R. La Isla C.R. La Santa Cruz C.R. El Porvenir	2.780.000 2.488.000 4.300.000 2.285.312 6.000.000 7.182.860	Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira	0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87
Alicante	C.R. Riegos Levante M.I. Y Murada-Orihuela C.R. Riegos Levante M.D. C.R. De Albalera C.R. S. Isidro y El Realengo	77.330.867 5.500.000 8.167.480 7.500.000	Altomira y Crevillente Altomira Altomira Altomira	0,964 <sup>c</sup> 0,87 0,87 0,87
Tomas	C.R. La Murada Norte C.R. Toma 1. El Mojón C.R. Lo Marqués C.R. Lo Belmonte (C Cases) C.R. Toma 2.- Las Cuevas C.R. Toma 3.- Las Majadas C.R. «El Carmen» (Salas Ortuno) C.R. «Lo Reche» C.R. Toma 11.- José Soto C.R. Toma 12.- Manchón Candela C.R. «El Perpetuo Socorro»	2.000.000 967.040 485.360 666.920 1.589.480 804.000 515.000 1.415.360 66.600 111.280 1.709.613	Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira Altomira	0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87 0,87
Pedreira	C.R. «Las Dehesas» C.R. Barranco de Hurchillo	961.895 238.591	Altomira Altomira	0,87 0,87

Vega Alta del Segura  
Zonas I-II-III y V

Riegos de Levante  
Mergen Izquierda; Derecha;  
Vega Baja y tomas  
delegadas  
(M.I.) 125.000.000

C.R. «San Onofre». Torremendo	1.715.337	Altomira	0,87
C.R. «San Joaquín». Bigastro	479.692	Altomira	0,87
C.R. La Fuensanta Grupo 2.000	1.007.101	Altomira	0,87
C.R. «La Estafeta». Orihuela	55.252	Altomira	0,87
C.R. «Santo Domingo». Bigastro	2.276.652	Altomira	0,87
C.R. «Las Cañadas» S.M. Salinas	2.123.452	Altomira	0,87
S.A.T. Mengoloma. Orihuela	208.452	Altomira	0,87
C.R. Campo Salinas S.M. Salinas	2.123.452	Altomira	0,87
C.R. «San Miguel» S.M. Salinas	1.922.534	Altomira	0,87
C.R. El Pilar de la Horadada	2.621.980	Altomira	0,87
AGROGIL. Orihuela			
C.R. El Río Nacimiento. Orihuela	627.869	Altomira	0,87
Agrícola Villamartin. Torrevieja	110.505	Altomira	0,87
C.R. Cañadas de San Pedro			
C.R. «El Grajerot». Torremendo			
Campo de Cartagena (M.I.)	122.000.000	Altomira y Fuente Álamo	1,217 <sup>a</sup>
C.R. Campo de Cartagena			
C.R. Regadio de Lorca	29.060.000	Altomira, Ojós y Alhama	1,798 <sup>e</sup>
C.R. Trásvase de Sangonera	6.161.320	Altomira y Ojós	1,385 <sup>f</sup>
C.R. Trásvase de Librilla	6.854.680	Altomira y Ojós	1,385
C.R. Trásvase de Alhama	10.372.000	Altomira, Ojós y Alhama	1,798
C.R. Trásvase de Totana	12.552.000	Altomira, Ojós y Alhama	1,798
C.R. «El Mayés». Villanueva S.		Altomira y Ojós	1,385
C.R. Riegos de Ricote		Altomira y Ojós	1,385
D. José García Gómez		Altomira y Ojós	1,385
D. José Ríojo Rodríguez		Altomira y Ojós	1,385
C.R. Comarza		Altomira y Ojós	1,385
D. Hilario López Fernández		Altomira y Ojós	1,385
Mula y su comarca (Margen Derecha)	3.600.000	Altomira, Ojós y Yéchar	1,941 <sup>g</sup>
C.R. La Puebla	400.000	Altomira, Ojós y Yéchar	1,941
C.R. «La Purísima» Yéchar	4.000.000	Altomira, Ojós y Yéchar	1,941
Almería y Valle de Almanzora (Margen Derecha)	7.500.000	Altomira, Ojós y Alhama	1,798
C.R. «El Saltador» Sindicato Central de cuevas de Almanzora	7.500.000	Altomira, Ojós y Alhama	1,798
C.R. De Pulpí			
C.R. Águilas			
C.G. Riegos Meridionales			
Autorizaciones provisionales			

a) Los 87 kWh/m<sup>3</sup> provienen de la elevación de Almería.

b) Los 1,149 kWh/m<sup>3</sup> se obtienen de la suma del consumo energético de la elevación de Almería y Blanca.

c) Los 0,964 kWh/m<sup>3</sup> provienen de la suma de las elevaciones de Almería y Crevillente.

d) Los 1,217 kWh/m<sup>3</sup> se obtienen de la suma del consumo energético de Almería y Fuente Álamo.

e) Los 1,798 kWh/m<sup>3</sup> son la suma del consumo energético en Almería y Alhama.

f) Los 1,385 kWh/m<sup>3</sup> son equivalentes a la suma del consumo energético en Almería y Ojós.

g) Los 1,941 kWh/m<sup>3</sup> se obtienen de sumar el consumo energético de Almería, Ojós y Yéchar.

En la Tabla 2, podemos ver los distintos consumos energéticos que tiene el trasvase Tajo-Segura, y el porcentaje de agua trasvasada que corresponde a cada coste energético, agrupando los datos por kWh necesarios por metro cúbico.

De esta tabla resulta el coste energético medio que corresponde a las aguas trasvasadas desde el Tajo al Segura, ascendiendo a 1,21kWh/m<sup>3</sup>.

Tal y como veíamos en la Tabla 1, hay zonas en las cuales el consumo energético es únicamente el que se consume por la elevación de Altomira. Sin embargo, hay otras zonas en las cuales el consumo energético necesario para obtener el agua responde a la suma de los consumos de varias elevaciones. Por tanto, dependiendo de cual sea la zona a la que se pretenda llevar el agua, el consumo energético variara. En la Tabla 3, podemos observar cuál es el consumo en kWh que es necesario utilizar por m<sup>3</sup> de agua en cada una de las distintas elevaciones del trasvase. Donde destaca el alto consumo relativo que precisa la subestación de Yéchar, ésta sumaría los consumos de Altomira, Ojos y Yéchar (1,93 kWh/m<sup>3</sup>).

Tabla 2. Los costes energéticos del agua para riego

Zona	hWh/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> (concesión)	%
Zona I (C.R. de Calasparra y Cieza)	0,870	95.234.305	23,81
Zona II	1,419	8.000.000	2,00
Riegos de Levante Margen Izquierda	0,964	77.330.867	19,33
Campos de Cartagena	1,217	122.000.000	30,50
Lorca, Totana, Alhama y el Valle de Almanzora	1,798	66.984.000	16,75
Yéchar, Pantalo de La Cierva, La Puebla.	1,941	8.000.000	2,00
Margen Derecha (salvo las zonas de la MD citadas anteriormente)	1,385	22.450.828	5,61
<b>Coste medio</b>	<b>1,210</b>		
<b>Totales</b>		<b>400.000.000</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura.

Tabla 3. Consumo específico kWh/m<sup>3</sup> en las distintas elevaciones del trasvase

	Ojós	Alhama	Zona II	Yéchar	Crevillente	Fuente Álamo	Altomira
<b>Consumo específico kWh/m<sup>3</sup></b>	0,515	0,413	0,549	0,556	0,094	0,347	0,87

Fuente: Elaboración propia a partir de las Memorias para la elaboración de tarifas.

## 2.1. Análisis del consumo energético de Postrasvase

Del mismo modo que no tiene el mismo consumo energético el agua en cada uno de los puntos del trasvase, tampoco es homogéneo el consumo energético a lo largo del año, siendo la energía total consumida mayor en los meses estivales que el resto del año. En la Tabla 4, podemos ver cuál fue en 2004 el consumo mensual de cada elevación del postrasvase.

Como podemos apreciar en la Tabla 4, más de la mitad del consumo energético total del postrasvase se efectúa en los meses de junio, julio y agosto puesto que es en ese periodo cuando las necesidades hídricas en la cuenca del Segura son mayores. Esta concentración estacional del consumo eléctrico se da en todas las elevaciones.

Del mismo modo que la energía consumida no es homogénea a lo largo de los distintos meses del año, tampoco lo es a lo largo del día, ya que en la medida de lo posible, se pretende centrar el consumo en las horas en las que la tarifa eléctrica es más barata. Actualmente, la discriminación horaria consiste en seis horas punta, diez llano y ocho valle en días laborables, y veinticuatro valle en sábados y festivos. Las elevaciones de Alhama, Yéchar y Crevillente tienen un funcionamiento ininterrumpido; la elevación de la Zona II (Blanca) funciona 16 horas en los días laborables. La elevación de Fuente Álamo impulsa agua du-

Tabla 4.  
Consumo energético mensual de las elevaciones del postrasvase Tajo-Segura (2004)

	Ojós	Alhama	Zona II	Yéchar	Crevillente	Fuente Álamo
Enero	1.677.662	911.424	153.478	111.217	20.389	209.068
Febrero	6.313.858	3.430.130	577.614	418.562	76.732	786.823
Marzo	2.930.688	1.592.155	268.110	194.283	35.617	365.218
Abril	5.910.105	3.210.783	540.677	391.797	71.825	736.508
Mayo	3.759.078	2.042.194	343.894	249.199	45.689	468.450
Junio	11.193.698	6.081.200	1.024.039	742.060	136.037	1.394.940
Julio	12.036.010	6.538.803	1.101.096	797.899	146.273	1.499.908
Agosto	12.989.702	7.056.915	1.188.343	861.122	157.864	1.618.755
Septiembre	7.107.441	3.861.260	650.214	471.171	86.377	885.718
Octubre	2.290.253	1.244.226	209.520	151.827	27.833	285.408
Noviembre	1.796.004	975.715	164.305	119.062	21.827	223.815
Diciembre	1.608.050	873.605	147.110	106.602	19.543	200.393
<b>Totales</b>	<b>69.612.549</b>	<b>37.818.410</b>	<b>6.368.400</b>	<b>4.614.801</b>	<b>846.001</b>	<b>8.675.004</b>

Fuente: Confederación Hidrográfica del Segura.

Tabla 5. Reparto porcentual del consumo energético por franjas horarias

Impulsión	% de agua impulsada en hora		
	PUNTA	LLANO	VALLE
Alhama	17,88	29,79	52,33
Yéchar	17,88	29,79	52,33
Crevillente	17,88	29,79	52,33
Zona II	37,50	62,50	0,00
Fuente Álamo	0,00	36,28	63,72
Ojós	0,00	0,00	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir de las Memorias sobre las tarifas (Confederación Hidrográfica del Segura).

rante 18 horas en días laborables y 24 horas en festivos; y por último la de Ojós, que debido a que tiene capacidad de regulación únicamente eleva agua en las horas valle. En la Tabla 5, podemos ver toda la información referente a la discriminación horaria por elevación de un modo agregado.

Las tarifas eléctricas tienen dos componentes, el término de potencia y el término de energía (R.D. 2821/1998 de 23 de diciembre, BOE Nº 312/30-12-98). El precio del kW/h va a depender del importe de adjudicación que firme la empresa contratista con el cliente.

### 3. Los costes energéticos de la desalación

Los métodos de desalación pueden ser térmicos o de membrana; actualmente en nuestro país la desalación se hace mediante ósmosis inversa. La ósmosis inversa es un sistema de desalación por membrana, el agua de mar debe de atravesar unas membranas semipermeables venciendo la fuerza osmótica, mediante este proceso se obtienen dos productos, el agua desalinizada que con un postratamiento es apta para el consumo humano; y la salmuera, que es agua con una alta concentración de sales, que ha de ser vertida de nuevo al mar. La ósmosis inversa, al igual que la electrodiálisis y demás sistemas de membranas, tienen un menor consumo energético que los sistemas térmicos, estos últimos son energéticamente muy costosos. Los métodos térmicos de desalación fueron los primeros en aparecer a finales de los años cincuenta. Por su parte, los sistemas de membranas comenzaron a emplearse con frecuencia a finales de los setenta. Los avances tecnológicos se han centrado en la ósmosis inversa y en la electrodiálisis, de modo que a finales de los noventa, la capacidad mundial de agua desalada mediante sistemas de membrana era superior a la de sistemas térmicos.

Los costes energéticos de la desalinización dependen de un amplio número de factores que hacen que su análisis sea complejo. La variable, más importante, que influye en la energía que se consume en el proceso de

la desalación, es el sistema utilizado para llevar a cabo el proceso, ya que existen numerosas técnicas de desalinización, siendo unas más frecuentes que otras<sup>1</sup>.

La desalación por ósmosis inversa es el sistema más habitual en España, debido a que es el que presenta un menor coste económico. Su consumo energético primario es relativamente bajo, y su consumo de energía eléctrica está entre los 2,4-4,5 kWh/m<sup>3</sup>, siendo un sistema válido tanto para agua de mar como salobre. Debido a su consumo energético, sus menores costes de inversión, sus menores necesidades de superficie, y a su compatibilidad con todo tipo de agua, la ósmosis inversa es el sistema más habitual en España. Por ello, centraremos nuestro análisis en este sistema.

En la desalinización por ósmosis inversa, al igual que en el trasvase Tajo-Segura, el gasto energético cobra una gran importancia ya que cerca de un 40% de los costes totales del proceso son referidos al apartado energético<sup>2</sup>. En la Tabla 6 podemos ver la importancia que cobra la energía en los costes de una planta de ósmosis inversa en España.

El consumo energético, de la desalación por ósmosis inversa depende de la presión con que opera la planta. Fundamentalmente la presión depende del grado de salinidad con la que se trabaja, a menor grado de salinidad menor presión, y por tanto menos consumo de energía. En general, la presión operativa oscila entre

<sup>1</sup> Las distintas formas de desalinización se resumen en:

- Desalación por destilación súbita multiefecto: para llevar a cabo este proceso se emplea energía térmica, este sistema es hoy por hoy muy costoso en España, ya que para llevarlo a cabo es necesaria una gran cantidad de energía primaria (3,5-4,0 kWh/m<sup>3</sup> y mucha energía primaria).
- Desalación por destilación de etapas múltiples o termocompresión de vapor: la energía que se emplea para llevar a cabo este proceso es térmica, al igual que en la destilación súbita multiefecto, pero el consumo energético primario, aunque sigue siendo muy elevado es inferior que el sistema anterior (1,5-2,0 kWh/m<sup>3</sup> y un término medio energía primaria).
- Desalinización por comprensión de vapor: este sistema emplea energía eléctrica, el consumo energético primario es menor que en los anteriores sistemas, pero sigue haciéndose demasiado costoso para su utilización en España. (9 y 11 kWh/m<sup>3</sup> y poca).
- Desalinización mediante electrodiálisis: este sistema emplea energía eléctrica, con un bajo consumo energético primario y un consumo de energía eléctrica de tan solo 1-2 kWh/m<sup>3</sup>, es el sistema que menores costes energéticos puede alcanzar, pero esta sujeto a una importante restricción, no es apto para desalinizar agua de mar, por tanto su uso se restringe a las aguas salobres que cumplen con unas determinadas características.

<sup>2</sup> Los costes energéticos de la desalación por ósmosis inversa tienen un peso cercano al 40% del total de costes del proceso si tenemos en cuenta la amortización de la planta. Por su parte los costes de amortización de la planta están en torno 38% del total, si dejamos de lado la amortización por ser un coste de inversión, y nos centramos en los costes de explotación, el consumo energético representaría un porcentaje mucho mayor del 40% de los costes.

Tabla 6: Distribución porcentual de los costes de una planta de ósmosis inversa

Partida	Porcentaje
Amortización	33-43
Mantenimiento	3,5-4,5
Limpieza química	0,2-0,3
Cambio de membranas	2-5
Reactivos químicos	2-6,5
Mano de obra	4-11
Energía	37-43

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de David Martínez (2003).

10-25 bares para aguas salobres y entre 50-80 bares si es agua de mar. Del mismo modo, la presión operativa está en función del diseño de la planta y del tipo de membranas utilizadas (si se reduce la permeabilidad de las membranas podremos obtener una cantidad menor de agua desalada). La densidad del agua a tratar es otra de las variables que influyen en el consumo energético de la desalación por ósmosis inversa. La salinidad y la temperatura configuran la densidad del agua, de modo que cuanto mayor es la salinidad y menor la temperatura<sup>3</sup>, más densa es el agua y por tanto, más consumo energético se precisa para la desalinización.

Existen grandes diferencias en el consumo energético en función de cuál sea la salinidad del agua. Las aguas salobres son aquellas que tienen entre 1 y 10 gramos de sal por litro, el consumo energético necesario para desalinizar un agua con esta salinidad mediante ósmosis inversa esta entre 1 y 1,5 kWh/m<sup>3</sup>. Por su parte, el agua de mar tiene una salinidad entre 38 y 40 gramos de sal por litro, se necesita en términos medios, un consumo energético para desalinizarla de entre 3,5 y 5 kWh/m<sup>3</sup>. La tasa de recuperación influye en gran medida en el consumo energético de una desalinizadora por ósmosis inversa. La tasa de recuperación es el porcentaje que representa el caudal del permeado, con respecto al caudal de alimentación. Cuando trabajamos con aguas salobres, la tasa de recuperación puede alcanzar el 80%, sin embargo, con agua de mar, la tasa de recuperación oscila entre el 40% y el 55%. La antigüedad de la planta es un factor determinante del consumo energético de ésta.

El progreso tecnológico ha tenido un gran efecto sobre los costes energéticos de la ósmosis inversa. Así, en 1990 el coste energético rondaba los 8,5 kWh/m<sup>3</sup> esta cifra se rebajó a 5,3 kWh/m<sup>3</sup> en 1996; en 2004 se podía desalinizar el agua con unos costes de entre 3,8 y 4,3 kWh/m<sup>3</sup> y en 2008 es posible desalinizar con un coste energético de entre 2,7 y 3,3 kWh/m<sup>3</sup>, este consumo energético se estima para una planta que incorporase la última tecnología y para ello se precisa un elevado coste de inversión. Que sea posible que una nueva planta desalinizadora consuma 2,7 kWh/m<sup>3</sup>, no significa que éstos sean los costes

<sup>3</sup> De modo que los costes no son iguales en todas las estaciones del año, coincidiendo por suerte en la época estival las mayores necesidades hídricas con la mayor temperatura que alcanza el agua.

energéticos reales que tienen las plantas que en la actualidad funcionan en España, ya que muchas de ellas tienen bastante antigüedad<sup>4</sup>. Otra de las variables que influyen sobre el consumo energético de la planta es el tamaño. Existe una relación negativa ente el consumo energético por metro cúbico y el tamaño de la planta, de modo que a medida que la planta es más grande, el consumo energético por metro cúbico disminuye. Es decir, existen rendimientos crecientes a escala en términos energéticos.

### 3.1. El estado actual de la desalación en España

El avance tecnológico ha hecho posible que la desalinización en la última década sea una opción viable en términos económicos para aumentar la oferta de agua disponible. Con el cambio de Gobierno en el año 2004, la política hidráulica experimentó un importante cambio en España, el trasvase del Ebro fue derogado y se puso en marcha el Programa AGUA con en el que la desalación de agua de mar ha cobrado una especial relevancia.

A continuación centraremos el análisis en el consumo energético de las desaladoras de Alicante I, San Pedro I y San Pedro II. El consumo energético promedio de estas plantas es de 4,35 kWh/m<sup>3</sup>, si bien se suele establecer el consumo energético medio la cifra de 3,8 kWh/m<sup>3</sup>, como podemos ver la media de estas plantas es superior. Esto se debe a que el consumo energético de 3,8 corresponde a una planta construida en el 2008; sin embargo, las plantas contempladas, al igual que ocurre con la mayoría de las de nuestro país, tienen ya cierta edad. En la Tabla 7, podemos ver cuáles fueron los consumos energéticos por metro cúbico en el año 2008 de estas tres plantas.

### 3.2. Efectos de la desalación sobre el medio ambiente

El impacto ambiental que genera la desalación puede ser desglosado en tres partes: el efecto del vertido de la salmuera sobre el medio marino, las emisiones de CO<sub>2</sub> a causa del consumo energético y el impacto visual de la planta.

<sup>4</sup> Estos consumos energéticos tan reducidos, los obtienen algunas plantas cuyo montaje técnico es muy eficiente. Para alcanzar consumos energéticos tan reducidos se suele emplear el sistema de recuperación de energía ERI (*Energy Recovery Inc*) en lugar de la turbina Pelton.

Tabla 7. Consumos específicos medios del año 2008 en desaladoras del área de influencia del trasvase Tajo-Segura (kWh/m<sup>3</sup>)

PLANTA	Bombeo hasta filtros	Turbobombas	Bombeo producto	Tratamiento y S.A.	Ó Total de procesos
ALICANTE I	0,892292	3,482022	0,648673	0,122435	5,145423
SAN PEDRO I	0,4118035	3,09459568	0,39547927	0,041451	3,943629
SAN PEDRO II	0,3797953	3,086668	0,34190166	0,163435	3,971800

Fuente: Mancomunidad de Canales del Taibilla.

La posible externalidad negativa que representa el vertido de la salmuera sobre el medio marino, es tal vez el más mediatizado de los efectos ambientales de la desalación. Sin embargo, sus efectos hasta el 2008 no son preocupantes en España, ya que la inversión realizada para no dañar al medio ambiente con los vertidos ha dado resultados aceptables. Si la salmuera es vertida sin las precauciones oportunas, ésta dañaría la posidonea mediterránea; para minimizar los impactos negativos se llevan a cabo estudios ambientales del medio marino donde ha de verterse la salmuera. Para poder desechar la salmuera en estas condiciones, se hace necesario a menudo, la construcción de salmueraductos o la disolución del rechazo en otras aguas antes de su vertido definitivo al mar de forma segura.

Tal vez el efecto ambiental del que menos se ha escrito es el impacto visual, esto se debe a que por el momento la ubicación de las plantas no ha generado grandes efectos visuales. Estos posibles impactos exigen un esfuerzo por parte de las entidades públicas y privadas para ubicar las desaladoras. Actualmente, está prevista la construcción de una desalinizadora en Mutxamel (Alicante) que ha generado numerosas incertidumbres referentes a su impacto. La planta se instalará en Mutxamel (donde no hay costa), haciéndose la toma de agua marina sobre el dique de la desembocadura del río Seco (El Campello), de manera que en plena playa de Campello y rodeada de apartamentos se construirían las instalaciones para tomar el agua, cuyo aspecto es similar al de una fábrica. Con esta alternativa<sup>5</sup> estudiada por el Ministerio de Medio Ambiente, se evita la afección al lugar de interés comunitario de Serra Gelada en el litoral y a la zona del Parque Natural Serra Gelada en Benidorm, pero se incurrirá en un coste energético desproporcionado, ya que el agua que se empleará como input debe de ser trasladada hasta Mutxamel varios kilómetros hacia el interior y producirá un efecto visual negativo en un lugar de especial relevancia turística.

<sup>5</sup> «Alternativa 1, opción 3».

Respecto a las emisiones de  $\text{CO}_2$  vinculadas a la desalación, es necesario aclarar, que no es el proceso de la desalación el que provoca dichas emisiones, sino el consumo energético necesario para dicho proceso. Al igual que sucede con el impacto visual y con el vertido de la salmuera, se ha mejorado mucho en los últimos años en lo referente al consumo energético.

#### 4. Las emisiones de $\text{CO}_2$ , un diferencial de eficiencia del trasvase Tajo-Segura frente a la desalación

Las emisiones de  $\text{CO}_2$  que produce la desalinización se debe a su consumo energético, y no al proceso en si. Sin embargo, como este consumo energético es muy elevado, las emisiones producidas como consecuencia de esta actividad son muy importantes. El trasvase Tajo-Segura también consume energía, pero en proporciones muy inferiores a la desalación, hemos de tener en cuenta que en algún tramo del Acueducto Tajo-Segura se produce energía.

Si partimos de la consideración de que la desalinización precisa de un consumo energético de  $3,5 \text{ kWh/m}^3$ , entonces se estarían emitiendo  $1,9 \text{ Kg CO}_2/\text{m}^3$ . Las emisiones de  $\text{CO}_2$  en la desalinización se ven muy afectadas por la eficiencia energética en el país (Montaña, 2008). En el modelo español el 51% de la energía procede de fuentes térmicas, si pasásemos a un modelo como el francés en el que el 73% de la energía es nuclear, reduciríamos las emisiones por cuatro.

Por tanto, no es la desalación la responsable directa de las emisiones de  $\text{CO}_2$ , sino el consumo energético tanto cuantitativa como cualitativamente. Para reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$  el Ministerio se ha comprometido a producir tanta energía mediante energías renovables como sea necesario para compensar el consumo eléctrico de las nuevas desalinizadoras del programa AGUA. Es posible desvincular la desalinización de las emisiones de  $\text{CO}_2$ , bien recurriendo a las energías renovables o a la energía nuclear. Sin embargo, el hecho de liberarnos de las emisiones de  $\text{CO}_2$ , tiene el coste de incurrir en otros problemas. Si se abastece a las desaladoras mediante energías renovables, los costes aumentan significativamente, debido a que es necesaria una gran inversión para alimentar mediante energía renovable las plantas desalinizadoras, tanto si se opta por la energía solar como por la eólica. Por otro lado, con la energía nuclear, no se incurre en las indeseables emisiones de  $\text{CO}_2$ , sin embargo existen otros riesgos ambientales bien conocidos.

Es compleja la discusión de si es más conveniente en términos medioambientales el uso de energías extraídas de combustibles fósiles o la nuclear, pero está claro que se trata de asumir unos u otros tipos de contaminación. Por tanto, para evitar el coste ambiental que deriva de estas emisiones, hemos de incurrir, o bien en otro tipo de costes ambientales como los ligados a la energía nuclear, o bien en mayores costes económicos como sucede con las energías renovables.

Si miramos atrás en el tiempo, podemos observar el gran crecimiento económico que ha experimentado la economía española. Pero este crecimiento económico ha llevado a su vez ligado un aumento de los recursos necesarios. En particular, nos interesa la relación entre cuatro variables: las emisiones de CO<sub>2</sub>, la riqueza, el agua y la energía. En el periodo comprendido entre 1996 y 2004, la energía consumida, el agua para abastecimiento y la riqueza tomando como ejemplo a la Región de Murcia, han seguido tendencias de crecimiento muy similares<sup>6</sup>. El crecimiento económico en la Región de Murcia ha sido extraordinario, pero éste lleva implícito un grave problema, el aumento de los recursos hídricos empleados.

#### 4.1. Modelización de las emisiones de CO<sub>2</sub> en función del consumo de agua en la cuenca hidrográfica del Segura

Para situar mejor el problema al que nos enfrentamos y sus posibles soluciones a corto o medio plazo vamos a modelizar dicha situación. Supongamos una economía con único *input*, el agua, y dos *outputs*, la riqueza medida por el PIB (*output* deseable) y las emisiones de CO<sub>2</sub> (*output* indeseable). La generación de riqueza precisa por tanto del uso del agua, de modo que la riqueza depende positivamente del agua empleada. Suponemos que la disponibilidad de agua en nuestro ámbito de análisis es ilimitada, ahora bien, existe una cantidad *a* de agua que no lleva ligado ningún coste energético; para cantidades de agua entre *a* y *b* el coste energético que va a tener el agua es de 1,21 kWh/m<sup>3</sup>, es decir el coste energético medio del trasvase Tajo-Segura; para cantidades mayores de agua empleada que *b* el coste energético es de 3,8 kWh/m<sup>3</sup>, de modo que en nuestro modelo, el consumo energético dependerá de la energía del siguiente modo:

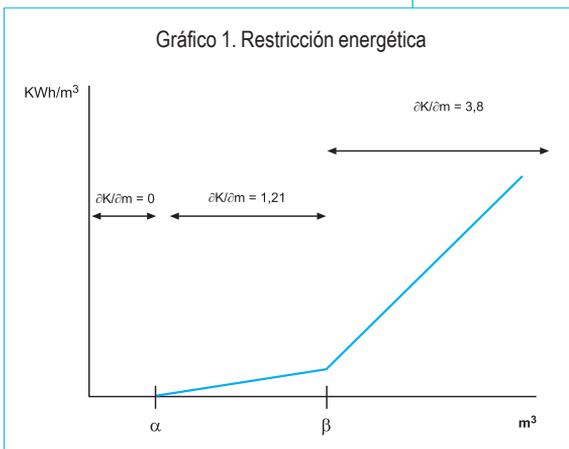
$$\text{KWh/m}^3 = \begin{cases} 0 & \text{Si } m^3 < \alpha \\ 1,21 \text{ m}^3 & \text{Si } \alpha \leq m^3 < \beta \\ 3,8 \text{ m}^3 & \text{Si } m^3 > \beta \end{cases}$$

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadística, ECODATA y Ministerio de Medio Ambiente.

De manera que, el coste energético del agua, se correspondería con la restricción del Gráfico 1. Donde para simplificar, denotaremos con K los kWh/m<sup>3</sup> y por m los metros cúbicos.

Por otro lado, al consumir energía estamos produciendo un *output* que afecta de modo negativo al bienestar de la población, el CO<sub>2</sub>. Ciertamente, el hecho de consumir energía no hace que necesariamente estemos generando CO<sub>2</sub>, si no que esto dependerá del modo en el que se produzca la energía. Actualmente en España el consumo de

energía eléctrica lleva ligado consigo las emisiones de CO<sub>2</sub>, de modo que en nuestro modelo supondremos que se da esta situación. El objetivo de la economía que estamos describiendo, es maximizar la riqueza que generan, minimizando sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Vamos a suponer que la función de utilidad de cada uno de los individuos de esta sociedad es la misma, de modo que la combinación entre riqueza y CO<sub>2</sub> que maximiza el bienestar de un individuo de esta economía es la que a su vez maximiza el bienestar de toda la economía. Representaremos la utilidad de los individuos mediante una Cobb Douglas de parámetros d y g. De modo que nos enfrentamos al siguiente problema de maximización (donde Y es la riqueza medida por el PIB y C el nivel de CO<sub>2</sub>)<sup>7</sup>.



$$\begin{aligned}
 & \text{MAX} \\
 & U(Y,C) = \delta \ln Y - \gamma \ln (\text{Kg de CO}_2) \\
 & \text{s.a.:} \\
 & Y = \varphi m^3 \\
 \text{Kg de CO}_2(m^3) &= \begin{cases} 0 & \text{Si } m^3 < \alpha \\ 2,23 m^3 & \text{Si } \alpha \leq m^3 \leq \beta \\ 6,99 m^3 & \text{Si } m^3 > \beta \end{cases} \\
 & \alpha < \beta \\
 & \alpha, \beta, \delta, \gamma, \varphi > 0
 \end{aligned}$$

<sup>7</sup> Por cada kWh se emiten aproximadamente 1,84 Kg de CO<sub>2</sub>.

Lo que realmente nos interesa del modelo propuesto no es su resolución, sino un concepto ligado al problema en sí mismo. El punto óptimo no nos permite alcanzar un crecimiento económico ilimitado, debido a que debemos mantener un equilibrio entre emisiones de CO<sub>2</sub> y crecimiento económico. De modo que la mejor actuación posible, consiste en cambiar el problema que estamos considerando, de modo que las emisiones de CO<sub>2</sub> no estén ligadas al consumo energético, y a su vez sería deseable que el consumo de agua no estuviese vinculado al consumo energético. En la cuenca del Segura, no existen soluciones técnicas para obtener agua sin consumir energía eléctrica, en cambio, si es posible conseguir que el consumo energético no esté ligado a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para conseguir esta meta, tenemos que cambiar la forma en que producimos la energía, haciendo un mayor uso de las energías renovables y disminuyendo el uso de los combustibles fósiles. Por otro lado, además de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> conseguiremos reducir la dependencia energética del exterior.

Es posible realizar un cálculo del coste de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero a este respecto existen diferentes asunciones. Si nos centramos en los datos ofrecidos por la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se estiman 25 \$/tCO<sub>2</sub> para el año 2050, mientras que el proyecto europeo CASCADE-MINTS estima 50 \$/tCO<sub>2</sub> para 2020 y 100 \$/tCO<sub>2</sub> para 2050 y Greenpeace Internacional asume en sus estudios 50 \$/tCO<sub>2</sub> para 2050. La mayoría de las estimaciones sacan valores monetarios para el futuro, nosotros vamos a tomar un valor para el año 2008 situando en los 10 €/tCO<sub>2</sub><sup>8</sup>. Puesto que la media de las desaladoras españolas de emisión de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> en 2007 fue de 6,99 kg/m<sup>3</sup>, los costes asociados a la emisión de estos gases es de 0,0699 €/m<sup>3</sup>, por tanto si internalizamos el daño ambiental que se genera con las emisiones de CO<sub>2</sub> de la desalación, habría que sumar cerca de 7 céntimos por metro cúbico. El trasvase Tajo-Segura, tampoco está exento de emisiones de CO<sub>2</sub>, por cada metro cúbico trasvasado se emiten 2,23 Kg de CO<sub>2</sub>, lo que supondría un coste económico adicional de 0,0223 €/m<sup>3</sup>, por tanto, por cada metro cúbico trasvasado habría que añadir un coste adicional de 2,2 céntimos de euro.

---

<sup>8</sup> Precio fijado por Teske, Sven; GREENPEACE INTERNACIONAL (2007) p.29.

## 5. Conclusiones

El gasto energético es un componente determinante en los costes de la desalación representando entre un 37% y un 43% de los costes totales, computando como coste la amortización. En el análisis realizado en este artículo queda claro que si el consumo energético medio de las plantas desalinizadoras instaladas en el área de influencia del trasvase es de 4,35 kWh/m<sup>3</sup>, esta cifra es mucho más elevada que el coste energético medio del trasvase Tajo-Segura que es de 1,21 kWh/m<sup>3</sup>. Por tanto a la vista de los datos, no es eficiente una mayor utilización del agua desalinizada frente al agua del trasvase Tajo-Segura en términos energéticos, pues el consumo energético, estrechamente vinculado al coste económico, es mucho mayor en la desalación de agua de mar. El elevado consumo energético de la desalación deriva a su vez en un alto nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, si internalizamos el daño ambiental que deriva de dichas emisiones, a cada metro cúbico de agua desalada habría que añadirle un coste adicional de siete céntimos de euro, para compensar las emisiones. Esta cifra es muy superior a los dos céntimos que corresponderían al trasvase Tajo-Segura, en concreto más del triple.

Nuestra hipótesis era, de un lado, que el consumo energético de la desalinización era más elevado que el del trasvase, esto ya lo hemos contrastado. Por otro lado, nos planteábamos que el agua del trasvase Tajo-Segura precisaba de un menor gasto energético para llegar a cualquier punto del mismo, que el agua de mar para ser desalinizada. El consumo medio de la desalinización es de 3,8-4,4 kWh/m<sup>3</sup> y el consumo energético más elevado que precisa el trasvase Tajo-Segura es de 1,941 kWh/m<sup>3</sup>, ésta es la energía necesaria para llevar el agua del trasvase a Yéchar, Pantano de La Cierva y La Puebla. Por tanto se confirma nuestra hipótesis, el más alto de los consumos energéticos del trasvase Tajo-Segura es menor que el consumo energético medio de la desalinización. En definitiva, el trasvase Tajo-Segura es energéticamente más eficiente que la desalinización en todos y cada uno de sus tramos y difícilmente sustituible por esta tecnología como en ocasiones parece quererse por parte de la administración hidráulica.

Los recursos hídricos del trasvase Tajo-Segura son fundamentales para la cuenca del Segura. La sustitución del agua del trasvase por la procedente de la desalinización no es viable por los elevados costes energéticos, ambientales y económicos que presenta el agua obtenida por esta tecnología. Sin embargo, los recursos hídricos adicionales que pueden ser obtenidos mediante la desalinización son de vital importancia en tanto en cuanto pueden incrementar el agua disponible, empleándose siempre como un recurso complementario al trasvase Tajo-Segura.

## Bibliografía

- > CÁNOVAS, J. y MELGAREJO, J. (2002), *La Confederación Hidrográfica del Segura 1926-2001, 75º Aniversario*, MMA, Confederación Hidrográfica del Segura, Murcia.
- > CEDEX (2008) «Aprovechamiento conjunto de los recursos hidráulicos del centro y sureste de España. Complejo Tajo-Segura». Documento.
- > CLAVER, J.M. (2002), «Situación actual del trasvase Tajo-Segura» en CÁNOVAS, J. y MELGAREJO, J. (2002), *La Confederación Hidrográfica del Segura 1926-2001, 75º Aniversario*. MMA, Confederación Hidrográfica del Segura, Murcia.
- > CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL TAJO (2004), *Propuesta de tarifas, Noviembre de 2004*, MMA.
- > COOK, M. B. (1989), *La inyección en Sondeos Profundos. Una alternativa en la lucha contra la contaminación* (IGME).
- > ESCURRA, J. (2002), «El trasvase Tajo-Segura», en CÁNOVAS, J. y MELGAREJO, J. (2002), *La Confederación Hidrográfica del Segura 1926-2001, 75º Aniversario*. MMA, Confederación Hidrográfica del Segura, Murcia.
- > ESTEVE, M. G.; MARTÍNEZ, J. y ALARCÓN M. (2006), «Situación actual del agua, en el medio ambiente y la energía en la Región de Murcia», *Revista O5*.
- > GIL OLCINA, A. Y RICO AMORÓS, A. M. (2008), *Políticas del agua II*, ESAMUR, Murcia.
- > MARTÍNEZ, D. (2003), «Estudio de la viabilidad tecnicoeconómica de la Desalación de Agua de Mar por Ósmosis Inversa en España», *Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente*, Murcia.
- > MELGAREJO MORENO, J. (2000): «Balance económico del trasvase Tajo-Segura», *Investigaciones Geográficas*, 24, pp. 69-95.
- > MELGAREJO, J. (Ed.) (2004), *Repercusiones socioeconómicas del Plan Hidrológico Nacional en la Provincia de Alicante*, Fundación Coepa, Alicante.

- > MONTAÑO, B. (2008), «Una visión cooperativa de las medidas ante el posible daño ambiental de la desalación», Fundación de las cajas de ahorro, documento de trabajo nº 393/2008.
- > MONTAÑO, B. (2008), «Análisis del proceso de internacionalización de Sadyt» *Boletín Económico del ICE*, nº 2.947 1-15 de septiembre de 2008.
- > MORALES, A.; RICO, A. M. y HERNÁNDEZ, M. (2005), «El trasvase Tajo-Segura», *Observatorio Medioambiental*, nº 8, pp.77-110.
- > QUINTO, J. y GASPAS, O. (1997), «Análisis de la tarifa del agua del trasvase Tajo-Segura», Fundación de Estudios de Regulación, Working Paper nº 28.
- > RON, S. y FAIBISHM, H. (2003), «MSF Nuclear Desalination», *Desalination* 157 pp. 277-287, Elsevier Science.
- > SANDOVAL RODRIGUEZ, J. M.; CASTAÑO LION, G. y SORIANO PÁEZ, J. M. (1979), *El trasvase Tajo-Segura: solución al desequilibrio hídrico*. Ed. Nuevos Enfoques, Madrid.
- > SEMIAT, R. (2000), «Desalination: Present and Future», *Water International*, vol. 2, núm. 1, pp. 54-65.
- > SINDICATO CENTRAL DE REGANTES DEL ACUEDUCTO TAJO-SEGURA (2005), *Memoria 2005*.
- > WANGNICK, K. (1995), *The historical developement of the desalination market*, IDA Abu Dhabi Proceedings.

