



# Universidad Politécnica de Cartagena

## Resumen del informe “Valoración económica del uso del agua en el regadío del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí de la Demarcación Hidrográfica del Júcar y análisis del impacto de la sustitución de extracciones subterráneas por recursos trasvasados desde el Júcar”

Realizado por: Javier Calatrava Leyva y David Martínez Granados

Por encargo de:



JUNTA CENTRAL DE USUARIOS  
DEL VINALOPÓ, L'ALACANTÍ  
Y CONSORCIO DE AGUAS  
DE LA MARINA BAJA

Contrato con referencia 6321/20EE

Cartagena, octubre de 2020



**Resumen del informe “Valoración económica del uso del agua en el regadío del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí de la Demarcación Hidrográfica del Júcar y análisis del impacto de la sustitución de extracciones subterráneas por recursos trasvasados desde el Júcar”**

Javier Calatrava y David Martínez Granados

Universidad Politécnica de Cartagena

**TABLA DE CONTENIDOS**

1	Antecedentes del estudio .....	1
2	Objetivo del estudio.....	1
3	Metodología.....	2
3.1	Justificación de la metodología empleada .....	2
3.2	Modelización empírica realizada .....	4
3.3	Escenarios analizados .....	7
4	Resultados.....	7
4.1	Valor de uso del agua en el regadío del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí en el escenario actual .....	7
4.2	Impacto económico del trasvase Júcar-Vinalopó sobre el regadío del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí .....	12
5	Conclusiones .....	15
6	Bibliografía .....	17



## 1 Antecedentes del estudio

Este documento presenta un resumen de los resultados provisionales de un trabajo de investigación consistente en la valoración económica del uso del agua en el regadío del Sistema Vinalopó-Alacantí, en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, así como en la evaluación económica del impacto sobre dicho regadío de la sustitución de recursos subterráneos por otros provenientes del Trasvase Júcar Vinalopó. El trabajo ha sido realizado por la Universidad Politécnica de Cartagena, bajo la dirección de Javier Calatrava Leyva, Catedrático de Universidad del Área de Economía, Sociología y Política Agraria del Departamento de Economía de la Empresa de la Universidad Politécnica de Cartagena. Este estudio se realiza a petición de la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L' Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja mediante un contrato para actividades de investigación y desarrollo con la referencia de la UPCT 6321/20EE.

Los resultados aquí presentados se consideran, en principio, como provisionales porque una parte importante de la información utilizada proviene de documentación oficial correspondiente al período de planificación hidrológica 2015-2021. Cuando se disponga de información correspondiente al período de planificación hidrológica 2021-2027, se evaluará la necesidad de actualizar los resultados en base a la misma.

## 2 Objetivo del estudio

Este trabajo tiene como objetivo valorar desde el punto de vista económico el uso del agua en el regadío del Sistema Vinalopó-Alacantí, en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, para, a partir de dicha valoración, evaluar el impacto económico que tendría sobre la agricultura de regadío de la zona la sustitución de recursos subterráneos por otros provenientes del Trasvase Júcar Vinalopó. A continuación, se presenta de manera resumida la metodología utilizada en la investigación, continuando con los resultados más importante y finalizando con las conclusiones.

## 3 Metodología

### 3.1 Justificación de la metodología empleada

A la hora de abordar un estudio como el planteado en este trabajo, existen limitaciones relativas a la existencia y disponibilidad de información, así como requerimientos específicos, como la necesidad de generar resultados compatibles y comparables con el proceso de planificación de la cuenca, que justifican las características metodológicas del análisis empírico realizado. En ese sentido, se realiza en primer lugar una breve justificación de la elección de la metodología utilizada, para presentar a continuación, de manera resumida, dicha metodología.

Existen numerosos enfoques metodológicos que pueden utilizarse para valorar económicamente el agua de riego (método residual, modelos de programación matemática, estimación econométrica de funciones de demanda de agua, métodos de precios hedónicos, métodos de valoración directa, uso de funciones de producción, etc.) De todos ellos, se ha optado por la programación matemática como la opción más adecuada para los objetivos del presente trabajo. La modelización de la producción mediante programación matemática se basa en el uso de modelos de asignación de superficie, agua y otros factores de producción entre distintas actividades de cultivo (modelos agro-económicos), siendo posiblemente el método más adecuado para valorar el uso del agua en sistemas agrícolas con más de un cultivo (Young, 2005). Se trata de una metodología que ha sido aplicada por numerosos autores, siendo con diferencia la más extendida y utilizada a nivel internacional. A nivel nacional, existen numerosos ejemplos de su aplicación, desde los años noventa del pasado siglo, en la mayoría de cuencas hidrográficas.

La principal ventaja de la programación matemática es que permite el uso de información técnica y económica al nivel de desagregación que se considere apropiado o para el que se disponga de información, así como estimar el impacto económico de cambios en los parámetros técnicos y económicos utilizados (por ejemplo, cambios en la disponibilidad de agua, en los precios de los cultivos, en las tarifas del agua, mejoras tecnológicas, etc.). Otra ventaja es que permite desagregar los resultados al nivel para

el que se disponga de información (tipos de explotaciones, municipios, comarcas agrarias, comunidades de regantes, zonas regables, subcuencas, etc.).

En concreto, en este trabajo se ha optado por considerar como unidades básicas de la modelización, y por lo tanto del análisis, las 10 Unidades de Demanda Agraria (UDA) que considera la Confederación Hidrográfica del Júcar en la planificación hidrológica de la cuenca. Las UDAs son zonas de regadío que se caracterizan bien por ser una unidad diferenciable de gestión, bien por ser una unidad territorial, por sus características hidrológicas, o por el origen de sus recursos. A partir de las características de cada UDA (mosaico de cultivos, necesidades hídricas, retornos, eficiencias en la aplicación, transporte y distribución de agua, etc.), se calculan las demandas de agua que se consideran en los planes hidrológicos de cuenca, por lo que dichas características suelen, en mayor o menor medida, consignarse en la diferente documentación pública generada en los procesos de planificación hidrológica. Las UDAs consideradas son:

- UDA 082070A: Riegos de la cabecera del Monnegre;
- UDA 082071A: Riegos del Jijona;
- UDA 082072A: Riegos de Levante MI: Huerta de Alicante y Bacarot;
- UDA 082073A: Riegos del Alacantí;
- UDA 082074A: Riegos mixtos del Alto Vinalopó;
- UDA 082075A: Riegos subterráneos del Alto Vinalopó;
- UDA 082076A: Riegos del Medio Vinalopó;
- UDA 082077A: Riegos del Bajo Vinalopó;
- UDA 092001A: Riegos de Levante MI: Camp d'Elx;
- UDA 092002A: Riegos del Pinos y Albaterra.

Por otro lado, la adecuada calibración de este tipo de modelos requiere de información sobre las superficies observadas de cultivos al nivel de la unidad de análisis considerada, lo que impide en este caso un mayor nivel de desagregación. Pese a que se dispone, en este caso, de información censal relativa a los estratos de tamaño de las explotaciones por municipios y comunidades de regantes, dicha información no incluye la distribución de cultivos dentro de cada estrato de tamaño de explotación. Asimismo, las estadísticas oficiales de distribución de cultivos por municipios no incluyen información que permita

la estratificación por tamaños de explotaciones. Por todo ello, no es posible en el momento de realizarse este estudio, considerar un nivel de desagregación mayor.

El análisis a nivel de UDA permite, por lo tanto, alcanzar un equilibrio óptimo entre nivel de detalle, complejidad del modelo y accesibilidad de la información técnica requerida para el análisis. Además, facilita la integración de los resultados en el análisis de la planificación y la gestión hidrológica, así como su uso en modelos hidro-económicos. Asimismo, las UDAs pueden agregarse para obtener resultados a nivel de zonas hidrológicas, subcuencas o cuenca. Todo lo dicho hasta ahora configura la modelización del regadío mediante un enfoque de programación matemática no lineal como la opción más adecuada para abordar el análisis del valor del agua en sus usos agrarios.

### 3.2 Modelización empírica realizada

El impacto económico sobre el regadío del Vinalopó-Alacantí de las alternativas analizadas se ha evaluado utilizando un modelo no-lineal de optimización que simula las decisiones de asignación de tierra y agua entre los cultivos de regadío de cada UDA de la zona de estudio y genera indicadores económicos de uso del agua. La estructura de dicho modelo agro-económico es similar al del modelo descrito en Calatrava y Martínez-Granados (2019b), pero todos sus parámetros técnicos y económicos han sido adaptados a las características de la zona de estudio.

La función objetivo del modelo maximiza el margen neto de las actividades de cultivo en regadío, mientras que las restricciones representan la disponibilidad de recursos (superficie regable y recursos hídricos provenientes de diferentes fuentes de suministro). En muchos modelos de este tipo se utiliza el margen bruto de cultivo, con frecuencia debido a falta de información de costes de producción más detallados, pero en este trabajo se ha optado por utilizar el margen neto, ya que se considera importante incluir como costes las amortizaciones y los costes indirectos pagados para obtener un cálculo más exacto del valor del agua de riego.

Los coeficientes técnicos y económicos utilizados en el modelo se han obtenido y/o calculado utilizando información proveniente de publicaciones y estadísticas oficiales, publicaciones científicas y estudios monográficos de costes de producción agraria, así



como de dos proyectos de investigación previos en los que han participado los autores de este informe (MERCAGUA, con referencia AGL2013-48080-C2-2-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER); y LIFE+ IRRIMAN, con referencia LIFE13 ENV/ES/000539, financiado por la Unión Europea) y de información interna proporcionada por la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L' Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja.

La información relativa a las UDAs (superficies regables, disponibilidades hídricas, coste del agua para las diferentes fuentes de suministro, porcentajes de tecnologías de riego, eficiencias en la aplicación, transporte y distribución del agua) se han obtenido del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015). La distribución de las actividades de cultivo en cada UDA se ha calculado a partir de ACUAMED (2013), de donde también se han obtenido las necesidades hídricas de los cultivos considerados.

Los precios medios de los cultivos se han calculado a partir de series temporales estacionarias de precios de cultivo para el período 2012-2019 procedentes de los anuarios de estadística agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, varios años) y de la estadística agraria regional de la Comunidad Valenciana (<http://www.agroambient.gva.es/es/agricultura-y-desarrollo-rural>). Los rendimientos medios de los cultivos se han calculado a partir de series temporales estacionarias para el período 2009-2018 obtenidas a partir de los datos provinciales para Alicante de los anuarios de estadística agraria del MAPA (varios años). En el caso de unos pocos cultivos para los que no existen estadísticas para la provincia de Alicante, se han utilizado los datos proporcionados por la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L' Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja.

Los costes medios de producción por hectárea se han calculado a partir de la caracterización técnica y económica de los procesos de producción estándar de los cultivos considerados, caracterización realizada a partir de información obtenida en los dos proyectos de investigación mencionados previamente, información interna proporcionada por la Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L' Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja y de Calatrava y Martínez-Granados (2019a), MAGRAMA (varios años), Melgarejo (1999) y García (2018 y 2019). Las necesidades de mano obra calculadas han sido contrastadas con las establecidas en GVA (2015). Siguiendo la

metodología utilizada en MAGRAMA (varios años), el margen neto de explotación se ha calculado restando los costes directos, los costes de maquinaria, los costes de mano de obra, los costes indirectos y la depreciación de los activos de los ingresos agrícolas. Los costes medios de producción no incluyen los costes del suministro de agua, que se incluyen de manera separada en el modelo para tener en cuenta las diferencias existentes entre fuentes de suministro y zonas.

El modelo ha sido calibrado utilizando la metodología denominada Programación Matemática Positiva (PMP), que es el método de calibración más utilizado en modelos agro-económicos (Graveline, 2016). La PMP se basa en el uso de información previamente disponible sobre la selección de actividades de cultivo realizada por los agricultores de cada zona regable. Permite obtener un modelo calibrado que incluye una serie de funciones no lineales para cada cultivo, bien de costes o de rendimientos, que dependen de los valores de las actividades del modelo. El modelo calibrado proporciona resultados que son consistentes con las decisiones reales de asignación de cultivos observadas tomadas por los agricultores: se calibra exactamente a la realidad observada y se obtienen el mismo valor de la función objetivo y los mismos valores duales de las restricciones de disponibilidad de recursos productivos que en el modelo inicial no calibrado (Howitt, 1995). La calibración del modelo mediante PMP permite obtener una representación más precisa del sistema real modelizado, incluso si no se dispone de datos a un nivel muy detallado. En concreto, se ha utilizado el enfoque de calibración PMP propuesto por Gohin y Chantreuil (1999) para obtener una función cuadrática de costes para cada cultivo y zona regable.

El modelo así calibrado determina, para cada una de las UDAs del Subsistema Vinalopó-Alacantí, los valores óptimos de las variables de decisión para cada UDA (superficie asignada a cada cultivo y volumen de agua utilizado de cada fuente de suministro disponible). A partir de dicha asignación óptima, el modelo calcula la superficie efectivamente regada y el uso de agua en cada zona regable, así como una serie indicadores económicos (valor de la producción agraria, margen neto de las explotaciones, uso de mano de obra en las explotaciones y valor marginal del agua de riego, entre otros).

### 3.3 Escenarios analizados

Una vez calibrado, el modelo agro-económico puede utilizarse para analizar el impacto de cambios en los parámetros del modelo (disponibilidad de agua, coste de suministro de los recursos hídricos, precios y rendimientos de los cultivos, tecnologías y costes de producción, subvenciones públicas, etc.) que representan diferentes escenarios de cambio tecnológico, económico o institucional o diferentes alternativas de gestión de los recursos hídricos. En concreto, en esta investigación, el modelo calibrado se ha utilizado para simular y evaluar dos escenarios:

- Escenario 1: Situación actual de disponibilidad de recursos hídricos y coste de dichos recursos, de acuerdo con lo establecido en el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015);
- Escenario 2: Sustitución de bombeos de los acuíferos del Subsistema por recursos del trasvase Júcar-Vinalopó, considerando un coste de suministro en alta a soportar por los regantes de 0,31 €/m<sup>3</sup>, de acuerdo con lo establecido en el escenario 2 de sustitución de bombeos definido en el Anejo 6 del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

## 4 Resultados

### 4.1 Valor de uso del agua en el regadío del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí en el escenario actual

La Tabla 1 muestra los resultados del modelo agro-económico utilizado para el escenario actual (escenario de referencia). De acuerdo con la simulación de la asignación de superficie a actividades de cultivo realizada, el valor total de la producción agraria en el sistema Vinalopó-Alacantí es de aproximadamente 552 millones de euros al año, para un uso de recursos hídricos de aproximadamente 133 hm<sup>3</sup> anuales y una superficie regada de algo más de 38.000 hectáreas. Como resultado de esta actividad agraria se genera un margen neto de aproximadamente 135 millones de euros anuales y un uso de mano de obra en las explotaciones agrarias equivalente a más de 11.500 puestos de trabajo a tiempo completo.

Tabla 1. Resultados del modelo agro-económico para el escenario actual

UDA/ZONA	Agua utilizada (hm <sup>3</sup> /año)	Valor marginal del agua (€/m <sup>3</sup> )	Valor de la producción agraria (M€/año)	Margen neto de explotación (M€/año)	Superficie regada (hectáreas)	Mano de obra utilizada (UTA/año)
082073A	16,30	0,15	98,79	24,64	4.597	2.046
082074A	2,95	0,13	4,95	1,43	751	98
082075A	31,45	0,14	61,64	17,72	10.097	1.082
082076A	21,83	0,16	123,46	27,83	9.424	2.736
082077A	6,49	0,16	32,54	7,34	1.428	713
092002A	7,08	0,14	16,01	3,58	1.513	276
<b>Subtotal UDAS del TJV</b>	<b>86,09</b>	<b>0,15</b>	<b>337,40</b>	<b>82,53</b>	<b>27.810</b>	<b>6.950</b>
082070A	3,79	0,09	7,80	2,49	1.148	149
082071A	1,53	0,16	3,96	1,70	502	57
082072A	6,28	0,11	30,93	7,54	1.127	626
092001A	35,53	0,11	172,57	40,87	7.458	3.757
<b>Subtotal resto de UDAs</b>	<b>47,12</b>	<b>0,11</b>	<b>215,25</b>	<b>52,60</b>	<b>10.235</b>	<b>4.589</b>
<b>TOTAL SUBSISTEMA</b>	<b>133,21</b>	<b>0,13</b>	<b>552,65</b>	<b>135,14</b>	<b>38.045</b>	<b>11.539</b>

Fuente: Elaboración propia. Volúmenes de agua en alta (bruta). Denominación de las UDAs: 082073A: Riegos del Alacantí; 082074A: Riegos mixtos del Alto Vinalopó; 082075A: Riegos subterráneos del Alto Vinalopó; 082076A: Riegos del Medio Vinalopó; 082077A: Riegos del Bajo Vinalopó; 092002A: Riegos del Pinós y Albatera; 082070A: Riegos de la cabecera del Monnegre; 082071A: Riegos del Jijona; 082072A: Riegos de Levante MI: Huerta de Alicante y Bacarot; 092001A: Riegos de Levante MI: Camp d'Elx.

El valor marginal de uso del agua de riego, que se ha obtenido del valor dual de la restricción de disponibilidad de agua, oscila entre 0,09 y 0,16 €/m<sup>3</sup>, dependiendo de la UDA que se considere (Tabla 1). Dicho valor dual mide la contribución generada por la disponibilidad de una unidad adicional de agua para riego a la consecución del objetivo considerado en el modelo, que en este caso es la maximización del margen neto de explotación, indicador que se toma como aproximación del beneficio. Por lo tanto, el valor marginal del agua representaría el margen neto adicional que se obtendría si se dispusiera de un m<sup>3</sup> adicional de agua para riego. Asimismo, el valor marginal del agua representa la disposición máxima a pagar de los usuarios por el agua de riego, ya que ningún usuario estaría dispuesto a pagar por disponer de una unidad adicional de agua

una cantidad mayor que el incremento del beneficio que obtendría utilizando dicha unidad. Por lo tanto, es de esperar que incrementos del coste del agua por encima de dicho valor marginal de uso, reduzcan la demanda de agua por parte de los usuarios. El valor marginal del agua de riego es también un indicador de la escasez de agua en el regadío de cada zona, presentando una relación directa con la disponibilidad de agua. Si ésta se ve reducida, puede esperarse que el valor marginal, y por tanto la disposición a pagar por el agua, se incremente.

En el caso concreto del Vinalopó-Alacantí, los valores marginales obtenidos para la situación actual (Tabla 1) sugieren que el incremento del coste de suministro del agua resultante de sustituir la extracción de recursos subterráneos por agua provenientes del Júcar, produciría una reducción en la demanda de agua por parte del regadío de la zona, ya que la disposición a pagar por el agua de riego es inferior al coste de suministro propuesto para el trasvase Júcar-Vinalopó. Como consecuencia de lo anterior, sería esperable una reducción en la superficie regada y en la producción y el empleo agrario.

Los resultados presentados en la Tabla 1 presentan notables diferencias entre Unidades de Demanda Agraria (UDA) debido a las diferencias de tamaño de las mismas. Las UDA son zonas de regadío que se definen no solo en base a criterios territoriales sino también hidrológicos, de gestión o por el origen de los recursos utilizados, de ahí dichas diferencias. La evaluación económica del uso actual del agua de riego requiere del cálculo de indicadores que permitan una mejor caracterización de cada UDA y faciliten su comparación. Para ello, se han calculado algunos indicadores de productividad y rentabilidad de los recursos tierra, agua y mano de obra que se muestran en la Tabla 2.

La Tabla 2 muestra, en primer lugar, como existen notables diferencias en los valores de la productividad media de la tierra y el margen neto por hectárea entre UDAs, diferencias que se deben en gran medida a las diferentes orientaciones productivas de cada una de ellas. La productividad de la tierra es muy superior a la productividad media de la tierra de regadío estimada para el conjunto de España por De Stefano *et al.* (2013) en 4.572 euros por hectárea al año para el período 2005-2008, así como al valor estimado por estos mismos autores para la cuenca del Júcar (4.598 euros por hectárea y año). De hecho, incluso los valores para las UDAs analizadas con menores productividades medias por hectárea son superiores a las estimaciones de De Stefano

*et al.* (2013) para el Júcar y el conjunto del país respectivamente. Comparando con una demarcación hidrográfica cercana, como es el Segura, la productividad media de la tierra obtenida es similar a la calculada por Calatrava y Martínez-Granados (2019a) para el conjunto de la cuenca del Segura, si bien el margen neto medio por hectárea es inferior al calculado por estos autores.

*Tabla 2. Indicadores de productividad y rentabilidad de la tierra, el agua y la mano de obra para el escenario actual*

UDA/ZONA	Productividad media de la tierra (€/ha)	Margen neto por hectárea (€/ha)	Mano de obra por hectárea (UTA/ha)	Productividad media del agua (€/m <sup>3</sup> )	Valor medio del agua (€/m <sup>3</sup> )	Mano de obra por volumen de agua (UTA/hm <sup>3</sup> )	Productividad de la mano de obra (€/UTA)
082073A	21.489	5.359	0,445	6,06	1,51	125,50	48.290
082074A	6.596	1.903	0,130	1,68	0,48	33,07	50.781
082075A	6.105	1.755	0,107	1,96	0,56	34,40	56.986
082076A	13.101	2.953	0,290	5,66	1,27	125,31	45.132
082077A	22.790	5.141	0,499	5,01	1,13	109,90	45.628
092002A	10.582	2.369	0,182	2,26	0,51	38,97	58.029
<b>Subtotal UDAS del TJV</b>	<b>12.132</b>	<b>2.968</b>	<b>0,250</b>	<b>3,92</b>	<b>0,96</b>	<b>80,73</b>	<b>48.549</b>
082070A	6.792	2.169	0,130	2,06	0,66	39,31	52.331
082071A	7.889	3.392	0,114	2,59	1,11	37,43	69.162
082072A	27.441	6.686	0,555	4,92	1,20	99,64	49.422
092001A	23.138	5.480	0,504	4,86	1,15	105,74	45.934
<b>Subtotal resto de UDAs</b>	<b>21.031</b>	<b>5.139</b>	<b>0,448</b>	<b>4,57</b>	<b>1,12</b>	<b>97,39</b>	<b>46.907</b>
<b>TOTAL SUBSISTEMA</b>	<b>14.526</b>	<b>3.552</b>	<b>0,303</b>	<b>4,15</b>	<b>1,01</b>	<b>86,62</b>	<b>47.896</b>

Fuente: Elaboración propia. Volumen de agua en alta (bruta). El valor medio del agua se calcula dividiendo el margen neto de explotación por el volumen de agua utilizado. Denominación de las UDAs: 082073A: Riegos del Alacantí; 082074A: Riegos mixtos del Alto Vinalopó; 082075A: Riegos subterráneos del Alto Vinalopó; 082076A: Riegos del Medio Vinalopó; 082077A: Riegos del Bajo Vinalopó; 092002A: Riegos del Pinós y Albaterra; 082070A: Riegos de la cabecera del Monnegre; 082071A: Riegos del Jijona; 082072A: Riegos de Levante MI: Huerta de Alicante y Bacarot; 092001A: Riegos de Levante MI: Camp d'Elx.

Pasando a la productividad media del agua, la Tabla 2 muestra valores que oscilan entre 1,68 y 6,06 euros por m<sup>3</sup> de agua en alta y año, con un valor medio de 4,15 euros por m<sup>3</sup>

y año. Se trata en todos los casos de valores superiores a la media nacional de 1,27 €/m<sup>3</sup> y la media para la cuenca del Júcar de 1,36 €/m<sup>3</sup> calculados por De Stefano *et al.* (2013). La productividad media del agua es superior también a la calculada por Calatrava y Martínez-Granados (2019a) para el conjunto de la Comunidad Valenciana (1,96 €/m<sup>3</sup>). Hay que tener en cuenta que en el Júcar existe una importante superficie de regadío extensivo de interior, lo que hace que los valores que puedan obtenerse para el conjunto de la demarcación hidrográfica sean inferiores a los obtenidos para la Comunidad Valenciana.

En cuanto al valor medio del agua, calculado como el cociente entre el margen neto de explotación y el consumo de agua de riego en cada UDA, los valores obtenidos oscilan entre 0,48 y 1,51 euros por m<sup>3</sup> y año, con una media de 1,01 €/m<sup>3</sup>. Es difícil comparar estos valores con otros trabajos. El único precedente es el estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2007) para el período 1997-2002, que calcula un margen neto medio por m<sup>3</sup> de 0,37 €/m<sup>3</sup> para la cuenca del Júcar y de 0,29 €/m<sup>3</sup> para el conjunto del país. Por comparar con datos más recientes, Maestre-Valero *et al.* (2013) calculan, para el conjunto de la Demarcación Hidrográfica del Segura, un valor del margen neto medio por m<sup>3</sup> en alta de 0,89 €/m<sup>3</sup>.

En cuanto al empleo agrario directo, en primer lugar, la [Tabla 2](#) muestra como el uso de mano de obra por hectárea, indicador directamente relacionado con las orientaciones productivas predominantes en cada zona, oscila entre 0,11 y 0,55 UTAs por hectárea, con un valor medio para las UDAs afectadas por el TJV de 0,30 UTAs por hectárea. En todos los casos, se trata de valores muy superiores a la media nacional de 0,033 UTA/ha calculada por Calatrava y Martínez-Granados (2019a) a partir de datos de MAPA (2015), y valores de rango similar a los calculados para el conjunto de la Demarcación Hidrográfica del Segura (0,36 UTAs por hectárea) por estos mismos autores a partir de datos de Maestre-Valero *et al.* (2013). Asimismo, el empleo directo generado por volumen de agua, que puede utilizarse para evaluar la rentabilidad social de los recursos hídricos empleados en el regadío presenta un valor medio de 86,6 UTAs por hm<sup>3</sup> de agua utilizada, con notables diferencias entre zonas. Como referencia, y ante la ausencia de una estimación similar a nivel nacional, Calatrava y Martínez-Granados (2019a) calculan unos valores de 60 y 77,5 UTAs por hm<sup>3</sup> de agua utilizada para la Demarcación

Hidrográfica del Segura y la comarca del Bajo Almanzora (Almería) respectivamente. Dichos autores calculan asimismo dicho valor para el cultivo de la uva de mesa en la Región de Murcia, uno de los cultivos representativos del Subsistema aquí analizado, en 79 UTAs por hm<sup>3</sup>. Finalmente, la productividad media de la mano de obra calculada para la zona está en el entorno de los 48.000 euros por UTA, frente a un valor medio para la agricultura española de 31.866 euros/UTA (Calatrava y Martínez-Granados, 2019a, a partir de datos de MAPA, 2015).

Los resultados presentados en la Tabla 2 ponen de manifiesto la importancia económica del regadío en el sistema Vinalopó-Alacantí, con valores de productividad, rentabilidad y creación de empleo superiores, tanto a los del resto de la Demarcación Hidrográfica del Júcar como a los de la media nacional.

#### 4.2 Impacto económico del trasvase Júcar-Vinalopó sobre el regadío del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí

En la Tabla 3 se resumen los resultados generados por el modelo agro-económico para el escenario 2 de sustitución de bombeos por recursos del trasvase Júcar-Vinalopó, considerando un coste de suministro en alta a soportar por los regantes de 0,31 €/m<sup>3</sup>, mientras que en la Tabla 4 se muestra la variación porcentual de dichos resultados con respecto a los obtenidos para el escenario actual (Tabla 1).

La Tabla 4 muestra, en primer lugar, como las UDAs que no recibirían recursos del TJV no se verían obviamente afectadas en este segundo escenario. En el caso de las UDAs afectadas por el TJV, el escenario 2 de sustitución de bombeos analizado reduciría la demanda de agua en un 34,5% con respecto a la situación actual (Tabla 4) como consecuencia del incremento del coste de suministro del agua de riego. Esta reducción en el uso de recursos hídricos causaría, en el conjunto de las 6 UDAs afectadas por el TJV, una reducción del 36,7% en la superficie media regada (10.215 hectáreas menos), del 14,6% en la producción agraria (49,4 millones de euros/año menos), del 10% en el margen neto de las explotaciones (8,2 millones de euros/año menos) y del 13,4% en el empleo agrario (935 UTAs anuales menos).



Tabla 3. Resultados del modelo agro-económico para el escenario de trasvase Júcar-Vinalopó a 0,31 €/m<sup>3</sup> (Escenario 2 de sustitución de bombeos del Anejo 6 del PHJ)

UDA/ZONA	Agua utilizada (hm <sup>3</sup> /año)	Valor marginal del agua (€/m <sup>3</sup> )	Valor de la producción agraria (M€/año)	Margen neto de explotación (M€/año)	Superficie regada (hectáreas)	Mano de obra utilizada (UTA/año)
082073A	15,63	0,18	97,71	24,41	4.459	2.031
082074A	2,65	0,15	4,99	1,42	701	100
082075A	16,42	0,27	41,32	14,61	4.533	691
082076A	14,00	0,31	105,39	25,14	6.342	2.363
082077A	4,17	0,31	28,73	6,25	962	660
092002A	3,46	0,31	9,87	2,47	599	171
<b>Subtotal UDAS del TJV</b>	<b>56,34</b>	<b>0,25</b>	<b>288,01</b>	<b>74,30</b>	<b>17.595</b>	<b>6.015</b>
082070A	3,79	0,09	7,80	2,49	1.148	149
082071A	1,53	0,16	3,96	1,70	502	57
082072A	6,28	0,11	30,93	7,54	1.127	626
092001A	35,53	0,11	172,57	40,87	7.458	3.757
<b>Subtotal resto de UDAs</b>	<b>47,12</b>	<b>0,11</b>	<b>215,25</b>	<b>52,60</b>	<b>10.235</b>	<b>4.589</b>
<b>TOTAL SUBSISTEMA</b>	<b>103,45</b>	<b>0,19</b>	<b>503,26</b>	<b>126,91</b>	<b>27.830</b>	<b>10.604</b>

Fuente: Elaboración propia. Volúmenes de agua en alta (bruta). Denominación de las UDAs: 082073A: Riegos del Alacantí; 082074A: Riegos mixtos del Alto Vinalopó; 082075A: Riegos subterráneos del Alto Vinalopó; 082076A: Riegos del Medio Vinalopó; 082077A: Riegos del Bajo Vinalopó; 092002A: Riegos del Pinós y Albaterra; 082070A: Riegos de la cabecera del Monnegre; 082071A: Riegos del Jijona; 082072A: Riegos de Levante MI: Huerta de Alicante y Bacarot; 092001A: Riegos de Levante MI: Camp d'Elx.

Es importante aclarar que el impacto económico es menor en términos proporcionales que la reducción en la demanda de agua y en la superficie regada debido a que el modelo calibrado asigna el agua y la superficie en primer lugar a los cultivos de mayor rentabilidad y, a continuación, a los de rentabilidades menores, siempre que dicha rentabilidad soporte el coste del factor de producción agua. Una menor rentabilidad de los cultivos suele corresponderse en gran medida con un menor valor de su producción y con unas menores necesidades de mano de obra. A medida que se incrementa el coste del agua, el modelo calibrado va eliminando aquellos cultivos cuyo valor marginal del agua es menor, es decir, aquellos cuya rentabilidad con el nuevo coste del agua sea

menor. En este caso, la reducción de la superficie regada, aunque afecta a la mayoría de los cultivos en mayor o menos medida, corresponde principalmente a cultivos extensivos (cereales, forrajeros, leguminosas), el viñedo para vinificación, el olivar y los cítricos, aunque también afecta significativamente, aunque en porcentajes menores de reducción de la superficie cultivada, a algunos frutales como el granado y algunos hortícolas como la zanahoria, la alcachofa, el puerro e incluso a la lechuga. También es importante aclarar que el incremento que se observa en el valor marginal de uso del agua de riego (Tabla 4) se debe a la reducción de la superficie cultivada y la demanda de agua como consecuencia del incremento del coste del agua de riego, que reduce la superficie de los cultivos con menor valor marginal del agua.

*Tabla 4. Variación porcentual de los resultados del modelo agro-económico en el escenario de trasvase Júcar- Vinalopó con respecto de la situación actual*

UDA/ZONA	Agua utilizada	Valor marginal del agua	Valor de la producción agraria	Margen neto de explotación	Superficie regada	Mano de obra utilizada
082073A	-4,11%	20,00%	-1,09%	-0,90%	-3,01%	-0,74%
082074A	-10,17%	15,38%	0,70%	-0,36%	-6,66%	2,73%
082075A	-47,79%	92,86%	-32,97%	-17,55%	-55,10%	-36,12%
082076A	-35,87%	93,75%	-14,64%	-9,67%	-32,70%	-13,62%
082077A	-35,75%	93,75%	-11,72%	-14,82%	-32,66%	-7,53%
092002A	-51,13%	121,43%	-38,33%	-31,13%	-60,44%	-37,97%
<b>Subtotal UDAS del TJV</b>	<b>-34,56%</b>	<b>66,67%</b>	<b>-14,64%</b>	<b>-9,97%</b>	<b>-36,73%</b>	<b>-13,44%</b>
082070A	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
082071A	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
082072A	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
092001A	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>Subtotal resto de UDAs</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>
<b>TOTAL SUBSISTEMA</b>	<b>-22,34%</b>	<b>46,15%</b>	<b>-8,94%</b>	<b>-6,09%</b>	<b>-26,85%</b>	<b>-8,10%</b>

Fuente: Elaboración propia. Volúmenes de agua en alta (bruta). Denominación de las UDAs: 082073A: Riegos del Alacantí; 082074A: Riegos mixtos del Alto Vinalopó; 082075A: Riegos subterráneos del Alto Vinalopó; 082076A: Riegos del Medio Vinalopó; 082077A: Riegos del Bajo Vinalopó; 092002A: Riegos del Pinós y Albaterra; 082070A: Riegos de la cabecera del Monnegre; 082071A: Riegos del Jijona; 082072A: Riegos de Levante MI: Huerta de Alicante y Bacarot; 092001A: Riegos de Levante MI: Camp d'Elx.

Otra cuestión de relevancia a considerar, es el hecho de que el impacto económico negativo del incremento del coste del agua no sería homogéneo en toda la zona. Así, mientras que en los Riegos del Alacantí y en los Riegos mixtos del Alto Vinalopó el impacto sería más limitado, en los Riegos del Medio Vinalopó y del Bajo Vinalopó el impacto económico sería mayor debido a una reducción de la superficie regada de aproximadamente un tercio de la actual. El impacto económico a partir de una reducción de la superficie regada que supera con creces el 50% sería especialmente grave en los Riegos subterráneos del Alto Vinalopó y en los Riegos del Pinós y Albaterra.

## 5 Conclusiones

En este trabajo se ha realizado una valoración económica del uso del agua en el regadío del Sistema Vinalopó-Alacantí, en la Demarcación Hidrográfica del Júcar, y se ha evaluado el impacto económico sobre dicho regadío de la sustitución de recursos subterráneos por otros provenientes del Trasvase Júcar Vinalopó. Para ello, se ha utilizado un modelo agro-económico de programación matemática no lineal que asigna los recursos hídricos y la superficie regable entre los cultivos de cada una de las Unidades de Demanda Agraria del Sistema, y que se ha calibrado en base a la asignación real de cultivos de la zona. El uso de la programación matemática permite una evaluación más aproximada del valor económico del agua de riego en diferentes escenarios, ya que la disponibilidad de agua se considera de manera explícita en la valoración.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el valor total de la producción agraria en el sistema Vinalopó-Alacantí asciende a aproximadamente 552 millones de euros, lo que supone una media de 14.526 euros por hectárea. En términos de margen neto, esto supone aproximadamente 135 millones de euros anuales o 3.552 euros por hectárea. Asimismo, las más de 38.000 hectáreas regadas con recursos propios de la demarcación generan un total de 2,77 millones de jornales cada año, incluyendo trabajo familiar y asalariado en las explotaciones agrarias, lo que equivale a más de 73 jornales por hectárea de regadío.

Mirando a los recursos hídricos utilizados, la productividad media del agua es bastante elevada, con una media de 4,15 euros por m<sup>3</sup> y año, siendo el valor medio del agua de aproximadamente 1 euro por m<sup>3</sup> y año. Pese a ello, el valor marginal de uso del agua calculado, que representa la disposición máxima a pagar de los usuarios por el agua de riego, es 0,13 euros por m<sup>3</sup> y año, lo que sugiere poca capacidad del sistema para asumir incrementos relativamente grandes del coste de suministro del agua de riego sin que la demanda de agua y, por lo tanto, la actividad del regadío se vea mermada significativamente. Finalmente, la rentabilidad social de los recursos hídricos empleados en el regadío de la zona es bastante elevada, generándose una media de 20.784 jornales por hm<sup>3</sup> de agua utilizada.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia económica del regadío en el sistema Vinalopó-Alacantí, Aunque existen notables diferencias entre las diferentes Unidades de Demanda Agraria del subsistema debido a las diferentes orientaciones productivas predominantes en cada una de ellas, los valores de productividad, rentabilidad y creación de empleo del regadío en todas ellas son superiores, tanto a los del resto de la Demarcación Hidrográfica del Júcar como a los de la media nacional.

En cuanto al impacto del escenario de sustitución de bombeos por recursos del trasvase Júcar-Vinalopó analizado, los resultados obtenidos para el conjunto de las 6 UDAs afectadas, muestran como el incremento del coste de suministro del agua resultante reducirían la demanda de agua y la superficie regada en más de un tercio con respecto a la situación actual. Los cultivos más afectados serían los cultivos extensivos, el viñedo para vinificación, el olivar y los cítricos, aunque también afectaría de manera significativa a algunos frutales y cultivos hortícolas.

El impacto económico previsto para la zona (una caída del 14,6% en la producción agraria y del 13,4% en el empleo agrario), no se repartiría de manera homogénea, sino que sería especialmente grave en los regadíos de aguas subterráneas del Alto Vinalopó y del Pinós y Albaterra y, en menor medida, en los regadíos del Medio y Bajo Vinalopó, siendo más reducido en el Alacantí y en los regadíos mixtos del Alto Vinalopó.

Comentar finalmente que los resultados resumidos en este documento se toman en el momento de su redacción como provisionales, ya que una parte importante de la información utilizada en su elaboración proviene de documentación oficial

correspondiente al período de planificación hidrológica 2015-2021. Cuando se disponga de la información correspondiente al período de planificación hidrológica 2021-2027, se evaluará la necesidad de actualizar los resultados en base a dicha información.

## 6 Bibliografía

ACUAMED (2013). *Ordenación de las extracciones de agua de los acuíferos del sistema de explotación Vinalopó-El Alacantí en relación con la disponibilidad de recursos alternativos*. Aguas de la Cuencas Mediterráneas, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

Calatrava, J.; Martínez-Granados, D. (2019a). *La productividad económica en los sistemas agrarios intensivos del Mediterráneo*. En: Garrido, A. y Pérez Pastor, A. (coordinadores) "El regadío en el Mediterráneo Español". Serie Monografías nº 38, Cajamar Caja Rural, Almería. pp. 97-124.

Calatrava, J.; Martínez-Granados, D. (2019b). Water buybacks to recover depleted aquifers in south-east Spain. *International Journal of Water Resources Development* 35(6): 977-998.

CHJ (2015). *Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Ciclo de planificación hidrológica 2015-2021*. Confederación Hidrográfica del Júcar, Valencia.

De Stefano, L.; Martínez-Cortina, L.; Chico, D. (2013). An overview of groundwater resources in Spain. En: de Stefano, L. and Llamas, M.R. (Editors), *Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?* CRC Press/Balkema, Taylor and Francis Group. Leiden, The Netherlands. Pp 87-104.

García, J. (2018). *Estructura de costes de las orientaciones productivas agrícolas de las Región de Murcia: frutales de hueso y cítricos*. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Murcia.

García, J. (2019). *Estructura de costes de las orientaciones productivas agrícolas de las Región de Murcia: frutos secos, frutales de pepita, vid y olivo*. Consejería de Agua,

Agricultura, Ganadería y Pesca Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Murcia.

Gohin, A. y Chantreuil, F. (1999). "La programmation mathématique dans les modèles d'exploitation agricole. Principes et importance du calibrage". *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales*, 52:59-77.

Graveline N (2016) Economic calibrated models for water allocation in agricultural production: a review. *Environmental Modelling & Software*, 81, 12–25.

GVA (2015). *ORDEN 7/2015, de 1 de diciembre, de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, por la que se aprueban las bases reguladoras de las subvenciones en materia de instalación de jóvenes agricultores, en el marco del Programa de Desarrollo Rural de la Comunitat Valenciana 2014-2020*. DOGV núm. 7675 de 10/12/2015.

Howitt, R.E. (1995). "Positive Mathematical Programming". *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2):329-342.

Maestre-Valero, J.F.; Martínez-Granados, D.; Martínez-Alvarez, V.; Calatrava, J. (2013). Socio-economic impact of evaporation losses from reservoirs under past, current and future water availability scenarios in the semi-arid Segura basin. *Water Resources Management*, 27(5), 1411-1426.

MAGRAMA (varios años). *Estudios de Costes y Rentas de las Explotaciones Agrarias: Resultados técnico-económicos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

MAPA (varios años). *Anuario de Estadística*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Melgarejo (1999). *El cultivo de La Higuera*. Vicente Ediciones, Madrid.

MMA (2007). *El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua en España. Artículo 5 y Anejo III de la Directiva Marco de Agua*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Young, R.A. (2005). *Determining the economic value of water: Concepts and Methods*. RFF Press, Washington.