

B-17-2021

Comunicación científico-técnica

## Evaluación económica del impacto sobre la agricultura de regadío del Vinalopó-Alacantí de la sustitución de recursos subterráneos por recursos del trasvase Júcar-Vinalopó

Calatrava, J.<sup>1</sup>, Martínez-Granados<sup>2</sup>, Richart, V.J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena; j.calatrava@upct.es

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena; david.martinez@upct.es

<sup>3</sup> Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L'Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja, Aspe, Alicante; vicente@juntacentral.es

**Resumen:** El sistema de explotación Vinalopó-Alacantí (SEVA) está localizado al sur de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. En el SEVA coexisten una importante agricultura de regadío con una elevada población residente y una notable actividad turística concentrada en la costa Sur de la provincia de Alicante. Esto genera una situación de competencia por los recursos hídricos entre los usos urbanos y los agrarios que suponen aproximadamente un 40% y un 55% del consumo de agua respectivamente. La principal fuente de suministro de agua en la zona son las aguas subterráneas provenientes de diferentes acuíferos, la mayoría de ellos sobreexplotados y, al sur del sistema, el Trasvase Tajo-Segura. Para paliar la sobreexplotación de los acuíferos de la zona, el Plan Hidrológico del Júcar de 1998 y el Plan Hidrológico Nacional plantearon la sustitución de bombeos por recursos superficiales del río Júcar a través de la Conducción Júcar-Vinalopó, lo que supone duplicar o triplicar, según zonas regables, el coste del agua para riego, resultando en la inoperatividad, hasta la fecha, de la infraestructura. En este sentido, el objetivo de este trabajo es evaluar el impacto económico sobre el regadío del Vinalopó-Alacantí de la sustitución de recursos subterráneos por los provenientes del río Júcar. Para ello, se ha utilizado un modelo agro-económico no-lineal calibrado en base a la asignación real de cultivos de la zona. Los resultados muestran como el incremento del coste de suministro del agua resultante conllevarían una reducción de la demanda de agua y la superficie regada de más de un 35% con respecto a la situación actual, afectando principalmente a cultivos extensivos, viñedo para vinificación, olivar y cítricos, pero también a algunos cultivos frutales y hortícolas. Además, el impacto económico no se repartiría homogéneamente, sino que sería especialmente severo en los regadíos del Alto Vinalopó y del Pinós y Albaterra.

**Palabras clave:** Trasvases inter-cuencas; sobreexplotación de acuíferos; modelos agro-económicos; demanda de agua.

B-17-2021

*Scientific-technical communication*

## Economic assessment of the impact on the Vinalopó-Alacantí irrigated agriculture of substituting groundwater pumping by resources from the Júcar-Vinalopó water transfer system

Calatrava, J.<sup>1</sup>, Martínez-Granados<sup>2</sup>, Richart, V.J.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena; j.calatrava@upct.es

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena; david.martinez@upct.es

<sup>3</sup> Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L'Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja, Aspe, Alicante; vicente@juntacentral.es

**Abstract:** The Vinalopó-Alacantí exploitation system (SEVA in its Spanish acronym) is located in the south of the Júcar hydrographic basin. In the SEVA an important irrigated agriculture coexists with a high resident population and a notable tourist activity concentrated on the southern coast of the province of Alicante. This generates a situation of competition for water resources between urban and agricultural uses, which account for approximately 40% and 55% of water consumption respectively. The main sources of water supply in the area are groundwater from different aquifers, most of which are overexploited and, to the south of the system, the Tajo-Segura Transfer. In order to alleviate the overexploitation of the aquifers in the area, the 1998 Júcar Hydrological Plan and the 2001 National Hydrological Plan proposed the replacement of groundwater pumping by resources from the River Júcar transferred through the Júcar-Vinalopó Pipeline what would double or triple, depending on the areas to be irrigated, the cost of water for irrigation, resulting in the inoperability, to date, of the infrastructure. In this sense, the aim of this work is to evaluate the economic impact on irrigation in the Vinalopó-Alacantí area of the substitution of groundwater resources for those coming from the river Júcar. For this purpose, a non-linear agro-economic model, calibrated on the basis of the real allocation of crops in the area, has been used. The results show how the resulting increase in the cost of water supply would lead to a reduction in water demand and irrigated surface area of more than 35% compared to the current situation, mainly affecting extensive crops, vineyards for vinification, olive groves and citrus fruits, but also some fruit and vegetable crops. Moreover, the economic impact would not be evenly distributed, but would be particularly severe in the irrigated areas of Alto Vinalopó and Pinós and Albaterra.

**Keywords:** Inter-basin water transfers; aquifer overexploitation; agro-economic models; water demand.

## 1. Introducción

El sistema de explotación Vinalopó-Alacantí (SEVA) está localizado al sur de la Demarcación Hidrográfica del Júcar (Figura 1). Se trata de una cuenca hidrográfica con una extensión total de 2,786 km<sup>2</sup> y que incluye territorio de la Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha y la Región de Murcia. En el SEVA coexisten una importante agricultura de regadío con una elevada población residente y una importante actividad turística concentrada en la costa Sur de la provincia de Alicante. Esto genera una situación de competencia por los recursos hídricos entre los usos urbanos y los agrarios que suponen aproximadamente un 40% y un 55% del consumo de agua respectivamente.



**Figura 1.** Localización del sistema de explotación Vinalopó-Alacantí (Fuente: Junta Central de Usuarios del Vinalopó, L'Alacantí y Consorcio de Aguas de la Marina Baja)

La principal fuente de suministro de agua en la zona son las aguas subterráneas provenientes de diferentes acuíferos, la mayoría de ellos sobreexplotados. Para el conjunto del SEVA, se estima un consumo de 113 hm<sup>3</sup> anuales de aguas subterráneas, con una recarga media anual estimada en 48 hm<sup>3</sup>, lo que supone una sobreexplotación equivalente a 65 hm<sup>3</sup>/año de extracciones no renovables que se constituye como uno de los principales problemas medioambientales de la zona.

El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar de 1998 [1], y derivado de ello el Plan Hidrológico Nacional [2], planteó la sustitución de bombeos por recursos superficiales del río Júcar, trasvasados a través de la Conducción Júcar-Vinalopó, como una de las soluciones para paliar la sobreexplotación de acuíferos en la zona. En su concepción inicial, la toma del trasvase en el Río Júcar se situaba en Cortes de Pallás y contemplaba que los recursos trasvasados se destinasen tanto a usos urbanos como de regadío. Finalmente, la toma del trasvase se situó cerca de la desembocadura del río Júcar, donde la calidad del agua es significativamente peor, por lo que el destino de los recursos a trasvasar se limitaría al regadío.

El regadío en el SEVA incluye tanto una importante producción hortofrutícola, en la que destacan cultivos como la uva de mesa, el viñedo para vinificación, el granado, los cítricos y los horticolas protegidos, como cultivos extensivos (principalmente cereales) y una importante superficie regada de olivar y almendro.

La superficie de regadío actual abarca 40.674 hectáreas [3] que se reparten entre diez Unidades de Demanda Agraria (UDA) que se nutren de recursos hídricos de diferentes orígenes entre los que se incluyen los subterráneos, el Acueducto Tajo-Segura (ATS), la reutilización de aguas residuales urbanas y una mínima aportación de recursos superficiales (Tabla 1). Según el plan hidrológico del Júcar [3], la disponibilidad media de recursos hídricos para el regadío del SEVA asciende a 147,42 hm<sup>3</sup>/año en alta (Tabla 1).

**Tabla 1.** Superficie neta regada y disponibilidad media del agua en las UDAs del SEVA.

Unidad de Demanda Agraria (UDA)	Superficie neta (ha)	Disponibilidad media de agua (hm <sup>3</sup> /año en alta)			
		Superficial	Subterránea	Reutilizada	Tajo-Segura
UDA 082070A: Riegos de la cabecera del Monnegre	1148	0,35	3,20	0,04	0,00
UDA 082071A: Riegos del Jijona	502	0,66	1,09	0,00	0,00
UDA 082072A: Riegos de Levante MI: Huerta de Alicante y Bacarot	1127	0,79	0,00	1,03	5,74
UDA 082073A: Riegos del Alacantí	4597	0,07	13,03	6,63	0,00
UDA 082074A: Riegos mixtos del Alto Vinalopó	751	1,25	0,57	0,00	0,00
UDA 082075A: Riegos subterráneos del Alto Vinalopó	10097	0,30	30,06	2,60	0,00
UDA 082076A: Riegos del Medio Vinalopó	9424	0,50	27,50	1,71	0,00
UDA 082077A: Riegos del Bajo Vinalopó	1428	0,05	4,97	0,31	1,63
UDA 092001A: Riegos de Levante MI: Camp d'Elx	7458	0,00	0,00	10,93	28,17
UDA 092002A: Riegos del Pinós y Albaterra	4142	0,00	4,24	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>40674</b>	<b>3,97</b>	<b>84,66</b>	<b>23,25</b>	<b>35,54</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de [3] y [4].

En cuanto al coste de los recursos hídricos, el coste medio en alta en cada UDA depende del mix de recursos hídricos utilizados y del coste de bombeo en cada zona, el cual oscila entre 0,094 y 0,191 €/m<sup>3</sup>, con un valor medio para el SEVA de 0,156 €/m<sup>3</sup>. Al coste en alta hay que añadir los costes del peaje del postrasvase Tajo-Segura y los costes de distribución dentro de las diferentes zonas regables.

La sustitución de recursos subterráneos por recursos del Júcar supondría duplicar o triplicar, según zonas, el coste del agua para riego, lo que ha supuesto, hasta la fecha, la inoperatividad de la infraestructura. En este sentido, el objetivo de este estudio es evaluar el impacto económico sobre la agricultura de regadío del Vinalopó-Alacantí de la sustitución de recursos subterráneos por los no convencionales transferidos a través de la Conducción Júcar-Vinalopó.

## 2. Materiales y métodos

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 una de las diez Unidades de Demanda Agraria (UDA) de la zona de estudio y genera indicadores económicos de uso del agua. La estructura de dicho modelo agro-económico es la del modelo descrito en [5], 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 en cada UDA, mientras que las restricciones representan la disponibilidad de recursos (superficie regable y recursos hídricos provenientes de diferentes fuentes de suministro). El modelo ha sido calibrado utilizando el enfoque de calibración mediante Programación Matemática Positiva propuesto por [6].

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 del Júcar vigente [3];
- 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>, y un volumen total a trasvasar previsto de 46,20 hm<sup>3</sup>/año en alta, de acuerdo con lo establecido en el escenario 2 de sustitución de bombeos definido en el plan hidrológico del Júcar vigente [3].

### 3. Resultados y discusión

La Tabla 2 muestra los resultados del modelo agro-económico calibrado para el escenario actual o de referencia (escenario 1). 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. Los resultados presentados en la Tabla 2 presentan notables diferencias entre Unidades de Demanda Agraria (UDA) debido no solo a las diferencias de tamaño de las mismas sino también a diferencias en las orientaciones técnicas agrarias predominantes y a diferencias en la gestión de los recursos hídricos.

Tabla 2. 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>

Nota: 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. Fuente: Elaboración propia.

El valor marginal de uso del agua de riego oscila entre 0,09 y 0,16 €/m<sup>3</sup>, dependiendo de la UDA que se considere (Tabla 2). Estos valores sugieren que el incremento del coste de suministro del agua

resultante de sustituir la extracción de recursos subterráneos por agua proveniente 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.

En la Tabla 3 se muestra la variación porcentual de los resultados generados por el modelo para el escenario 2 con respecto a los obtenidos para el escenario actual. La Tabla 3 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 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).

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, a frutales como el granado y hortalizas como la zanahoria, la alcachofa, el puerro e incluso a la lechuga. El incremento que se observa en el valor marginal de uso del agua de riego (Tabla 3) se debe a la reducción de la superficie cultivada y la demanda de agua como consecuencia del incremento del coste del agua de riego.

**Tabla 3.** 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>
<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>

Nota: Agua en alta. 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. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el impacto económico negativo del incremento del coste del agua no sería homogéneo en toda la zona (Tabla 3). Mientras que en los Riegos del Alacantí y en los Riegos mixtos del Alto Vinalopó el impacto económico sería más limitado, en los Riegos del Medio Vinalopó y del Bajo Vinalopó sería mayor debido a una reducción de la superficie regada de aproximadamente un tercio de la actual. El impacto económico sería especialmente grave en el caso de los Riegos subterráneos del

Alto Vinalopó y en los Riegos del Pinós y Albaterra debido a una reducción de la superficie regada que supera con creces el 50%.

#### 4. Conclusiones

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. 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 resultados obtenidos para el conjunto de las seis UDAs afectadas por la sustitución de bombeos por recursos del trasvase Júcar-Vinalopó, 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 (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.

#### 5. Agradecimientos

La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación proporcionada por la Fundación PRIMA a través del proyecto WATERMED 4.0 (Proyecto número 1821).

#### Referencias

1. CHJ. *Plan Hidrológico de cuenca del Júcar*; Confederación Hidrográfica del Júcar: Valencia, España, 1998.
2. MIMAM. *Plan Hidrológico Nacional*; Ministerio de Medio Ambiente: Madrid, España, 2001.
3. CHJ. *Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Ciclo de planificación hidrológica 2015-2021*; Confederación Hidrográfica del Júcar: Valencia, España, 2015.
4. CHJ. *Documentos iniciales del tercer ciclo de planificación hidrológica (2021-2027)*; Confederación Hidrográfica del Júcar: Valencia, España, 2019.
5. Calatrava, J.; Martínez-Granados, D. Water buybacks to recover depleted aquifers in south-east Spain. *Int. J. Water Resour. Dev.* **2019**, 35(6), 977-998.
6. Gohin, A.; Chantreuil, F. La programmation mathématique dans les modèles d'exploitation agricole. Principes et importance du calibrage. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales* **1999**, 52, 59-77.