



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# Agua y producción agrícola: un análisis econométrico del caso de Murcia (\*)

FRANCISCO ALCALÁ AGULLÓ (\*\*)

ISRAEL SANCHO PORTERO (\*\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

Un elemento clave de la planificación hidrológica es la cuantificación –a lo largo de amplias zonas relativamente heterogéneas– de las relaciones entre la producción agrícola de regadío y la disponibilidad de recursos hídricos. El análisis coste-beneficio de grandes inversiones en infraestructuras hidráulicas como las asociadas al Plan Hidrológico Nacional (PHN) aprobado el 5 de julio de 2001 –que prevé inversiones por valor de más de 18.000 millones de euros– es probablemente el ejemplo más importante de la necesidad de contar con estudios empíricos que cuantifiquen estas relaciones desde perspectivas, metodologías y bases estadísticas diversas. El objetivo de este trabajo es estudiar econométricamente estas relaciones en el caso de la Región de Murcia.

Existen al menos dos aproximaciones complementarias para estudiar la posible respuesta de la producción agrícola de regadío a las modificaciones en la disponibilidad hídrica. La primera utiliza fundamentalmente datos sobre requerimientos hídricos por tipos de cultivos y suelos, rendimientos económicos y posibilidades de sustitución

---

*(\*) Parte de este trabajo tiene su origen en un estudio realizado en colaboración con el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. Agradecemos la amabilidad de la Confederación Hidrográfica del Segura y de la Consejería de Agricultura de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia por habernos suministrado parte de los datos necesarios para la realización del trabajo. Agradecemos también a dos evaluadores anónimos sus útiles comentarios.*

*(\*\*) Facultad de Economía y Empresa. Universidad de Murcia.*

de cultivos en distintas zonas, para predecir las posibles respuestas de la producción. La segunda aproximación –que podemos denominar «macroeconómica»– hace uso de las series históricas agregadas de recursos hídricos y de producción de regadío. El primer tipo de aproximación resulta tanto más preciso y eficaz cuanto más reducida y homogénea sea la zona objeto de análisis. Sin embargo, conforme avanzamos en extensión y heterogeneidad, el número de factores relevantes cuyo impacto resulta de difícil cuantificación apriorística va en aumento, y el enfoque histórico agregado puede resultar muy útil.

El problema puede ilustrarse refiriéndonos a la Cuenca del Segura, en la que se centra este trabajo. Esta cuenca abarca una superficie muy heterogénea de tierras en la que coexisten –entre otras– amplias zonas de regadíos tradicionales y explotaciones familiares minifundistas poco eficientes, con grandes y modernas explotaciones puestas en funcionamiento en las últimas décadas (al amparo, en buena parte de los casos, de los regadíos creados por el trasvase Tajo-Segura). La respuesta de la producción agrícola a las amplias y persistentes oscilaciones que se vienen registrando en las disponibilidades hídricas –y que se registrarán, ya sea en términos negativos si se consume el proceso de agotamiento de importantes acuíferos, o en términos positivos si se llevan a efecto todas las inversiones previstas por el PHN– depende en gran medida de los aspectos institucionales que rigen la asignación del agua entre los distintos tipos de explotación. En la medida en que física, económica y legalmente sea posible comerciar y transportar agua a lo largo de la cuenca, las oscilaciones de recursos son sufridas por las explotaciones marginales (menos productivas); en consecuencia, las fluctuaciones de la producción tienden a ser menores que las de los recursos (es decir, la elasticidad que relaciona estas variables se situaría por debajo de la unidad, poniéndose de manifiesto una situación de rendimientos decrecientes). Por el contrario, las rigideces en la asignación de los recursos hídricos pueden dar lugar a que amplios sectores de riegos tradicionales poco productivos reciban y utilicen un caudal hídrico relativamente constante, mientras que una parte importante de las explotaciones más productivas actúan como receptoras marginales de los vaivenes de recursos. Si prevalece esta situación, las fluctuaciones de la producción pueden resultar tan importantes o más que las de los recursos hídricos (elasticidad próxima o incluso superior a la unidad).

En definitiva, aunque dispongamos de una información precisa sobre rendimientos del agua por cultivos y áreas, si la zona objeto de

estudio es amplia y presenta mucha heterogeneidad, las circunstancias institucionales concretas que determinan la asignación del agua entre las distintas explotaciones en los periodos de escasez, resultan cruciales para determinar los efectos productivos agregados que tienen las oscilaciones en los recursos hídricos. Es en este contexto en el que el análisis agregado de las series históricas resulta más útil, ya que no requiere profundizar en el conocimiento de estos aspectos. La ventaja del análisis agregado de las series históricas radica en su simplicidad; en lugar de tratar de «predecir» –a partir de un conocimiento pormenorizado del marco institucional de la asignación del agua– cuál será el resultado del complejo esquema de sustitución entre cultivos y de asignación de agua entre explotaciones agrarias heterogéneas, el enfoque agregado se interesa únicamente por el resultado neto de estos procesos, cuantificando las relaciones efectivamente observadas entre la producción de regadío agregada y los recursos hídricos totales. En la medida en que se mantengan los mismos comportamientos institucionales de gestión del agua y las mismas posibilidades técnicas de sustitución entre cultivos, la estimación de estas relaciones agregadas permite también ayudar a predecir los efectos de cambios futuros en la disponibilidad de agua.

Un procedimiento seguido en ocasiones para cuantificar estas relaciones agregadas ha sido calcular de manera directa una elasticidad como el cociente entre las variaciones de la producción agrícola y las de los recursos hídricos, ocurridas a lo largo de algún período (típicamente, entre algún conjunto de años considerados «normales» y otro de sequía. Véanse, por ejemplo, los estudios citados en el Tomo sobre «Análisis Económicos» del PHN (2001), apartado 4.3.4). Sin embargo, esta sencilla técnica padece problemas importantes. En primer lugar, la delimitación de los períodos considerados es arbitraria y es habitual que los valores que se obtienen sean muy sensibles a los años concretos elegidos para el cálculo. En segundo lugar, si la serie describe una tendencia en el tiempo, los cálculos resultan sesgados. Y, por último, el hecho de que no sólo los volúmenes de agua, sino otras variables como la superficie regada y el capital público y privado invertido en regadíos se hayan modificando durante el período –y hayan afectado por tanto a la producción– conduce a un cálculo incorrecto.

Las técnicas econométricas ayudan a resolver estos problemas. En las estimaciones econométricas se utiliza a la vez toda la serie temporal disponible, es posible incorporar todas las variables adicionales que también intervienen en las oscilaciones de las variables a explicar, y se puede tomar en consideración la eventual existencia de tenden-

cias a largo plazo –como consecuencia, por ejemplo, del progreso técnico continuado– y calcularlas. Además, se generan una serie de estadísticos que nos permiten evaluar tanto la significatividad del efecto de cada una de las variables que *a priori* habíamos considerado como relevantes, como valorar hasta qué punto el conjunto de relaciones consideradas explican razonablemente la evolución global del fenómeno o variable a explicar. Por último, la técnica empleada nos permite un análisis de la dinámica de los impactos que se concreta, por ejemplo, en la obtención de elasticidades de corto plazo y de largo plazo, y en el análisis de los ajustes que se producen a través de cambios en la superficie regada.

La diferenciación de los efectos de la escasez de agua a corto plazo con respecto al largo plazo es importante. En efecto, es conveniente tener en cuenta que los efectos de modificaciones en las variables relevantes no se producen instantáneamente, sino que requieren un período de tiempo para desarrollarse. Así, por ejemplo, los resultados obtenidos nos indican que un descenso de la disponibilidad del agua tiene inicialmente un efecto relativamente reducido sobre la producción. Ahora bien, en la medida en que la escasez –que puede inicialmente aparecer como transitoria– se mantenga más de un período, se inicia un proceso de reducción de la superficie regada que llega a extenderse hasta cuatro períodos después de que se detectase por primera vez la escasez de agua. El efecto final sobre la producción cuando persiste la escasez es lo que se cuantifica mediante la elasticidad de largo plazo.

Con respecto a la literatura sobre estas cuestiones, hay que señalar que aunque la estimación de funciones de producción agregadas constituye una técnica muy extendida en otros campos de la economía, no sucede lo mismo en el ámbito de la economía agraria, donde lo relativamente abundante son las funciones de producción micro a nivel de cultivos específicos. Algunos de los escasos trabajos publicados sobre la función de producción agraria agregada son: Griliches (1964) que la estima para el sector agrario americano, Echevarría (1998) que hace lo propio para la economía canadiense, Maietta (1997) que utiliza datos de panel para estimar una función agregada para la agricultura italiana, y Hayami y Ruttan (1971) que estiman una función agregada para la agricultura utilizando datos de 38 países. Para la economía española es difícil encontrar estudios que intenten estimar una función agraria a nivel agregado, ya sea utilizando datos nacionales o regionales. Cabe destacar el trabajo de San Juan (1987), quien construye una función de producción agraria para España correspondiente al periodo 1964-1980. Más reciente-

mente, Cepas López y Dios Palomares (1999) estiman una función de producción utilizando diversos niveles de agregación y tratan de medir la existencia de rendimientos constantes a escala en el sector agrario español. Ahora bien, aunque la forma funcional escogida en todos los trabajos mencionados es siempre una especificación Cobb-Douglas, no existe la misma coincidencia en los inputs o factores productivos que entran a formar parte de la función de producción. El stock de capital, el trabajo y los recursos naturales como la tierra, son los factores de producción más extensamente utilizados. Otros estudios también incluyen factores adicionales como el uso de fertilizantes, la cantidad y calidad de las infraestructuras, etc. Finalmente, cabe decir que no todos los estudios tienen en cuenta todos los posibles inputs, sino más bien distintas combinaciones de ellos. Ello obedece a la distinta disponibilidad de los datos y a la existencia de ciertos problemas técnicos (por ejemplo, la existencia de multicolinealidad entre algunas variables).

Rara vez, sin embargo, se incluye el agua como uno de los inputs de la función de producción agregada. Además, cuando este recurso aparece en el análisis, la producción agrícola considerada no suele limitarse al regadío, siendo por tanto la cantidad de agua de lluvia la variable utilizada. Sun (1999), que es un estudio reciente para la economía china en el que se estima la elasticidad de la producción agraria con respecto al agua de riego, es quizá el trabajo más próximo al presente. En todo caso nuestro trabajo va más allá, planteando una especificación dinámica de la función de producción y desarrollando esta dinámica como resultado de los retardos que muestran las decisiones sobre puesta en cultivo de tierras de regadío. En el caso de la economía española no existen –que nosotros sepamos– estimaciones de funciones de producción agrícola agregadas en las que se cuantifique el impacto productivo de las variaciones del agua disponible para regadío.

El ámbito geográfico de nuestro análisis es la región de Murcia. La importancia de esta región dentro del regadío español resulta obvia. Pero existen razones adicionales para esta elección; por un lado hay razones de tipo técnico-estadístico. Dado que esta provincia está incluida completamente en una única cuenca –la del Segura– y gracias a la colaboración de la Confederación Hidrográfica correspondiente y a la disponibilidad de las series económicas relevantes a nivel provincial, esta región permite «cruzar» adecuadamente datos sobre caudales hídricos utilizados en el regadío con las magnitudes económicas correspondientes. En segundo lugar, las disponibilidades hídricas para regadío en Murcia han mostrado muy importantes

(y anormales) oscilaciones en las dos últimas décadas –ajenas a la puesta en marcha de nuevas infraestructuras de regadío– que hacen a esta región especialmente apropiada para un estudio de las características que nos proponemos (1). Y, en tercer lugar, la región ocupa un lugar central en las inversiones del PHN, puesto que a ella irían destinados cerca del 50 por ciento de los 561 hm<sup>3</sup> a trasvasar para uso agrario.

La organización del trabajo es la siguiente. En la Sección 2 se explican las ecuaciones estimadas. En la siguiente se detallan las fuentes y el trabajo estadístico realizado. En la Sección 4 se expone el método econométrico utilizado y se presentan y comentan los resultados. En la última sección se sintetizan las conclusiones.

## 2. MODELO ECONOMÉTRICO

Nuestro análisis empírico parte de una función de producción agregada que relaciona la producción agrícola con los recursos hídricos utilizados junto a otros inputs intermedios. Utilizamos concretamente la habitual especificación Cobb-Douglas, puesto que permite una estimación sencilla y los coeficientes obtenidos tienen una interpretación muy intuitiva en términos de elasticidades (2):

$$Y_t = T_t K_{t-j}^{\alpha_2} S_t^{\alpha_3} A^{\alpha_4} \quad [1]$$

donde  $Y$  es la producción agrícola (que mediremos según el caso por el VAB o por la Producción Final, en ambos casos, del subsector agrario),  $t$  indica el año,  $K$  es el capital relacionado con la agricultura (tanto público, como privado),  $S$  la superficie regada y  $A$  el volumen total de recursos hídricos dispuestos. La variable  $T$  es un índice de eficiencia tecnológica que evoluciona de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$T_t = T_0 e^{(\alpha_1 t + \varepsilon_{1t})} \quad [2]$$

donde  $\varepsilon_1$  es el término de error de la ecuación. La inclusión de esta variable temporal permite captar posibles tendencias derivadas, por ejemplo, de la evolución del progreso tecnológico.

Cabe hacer una anotación sobre la no inclusión del factor trabajo en esta ecuación. El trabajo es, evidentemente, un input esencial de la producción agrícola. Ahora bien, en la medida en que el trabajo

(1) Véase el exhaustivo estudio de Consejo Económico y Social de la Región de Murcia (1996) sobre los déficits hídricos estructurales y cíclicos en la región.

(2) Sobre sus propiedades, véase Mir (1991).

entre en la función de producción en proporciones relativamente fijas, una vez determinada la combinación del resto de inputs (superficie regada, agua, stock de capital, y nivel de desarrollo tecnológico captado por la tendencia) (3), su inclusión en la regresión econométrica podría generar un grave problema de multicolinealidad (4). Por otro lado, si la oferta de trabajo no ha constituido un factor limitativo de la producción –algo que parece bastante realista– la estimación de la función de producción de acuerdo con esta ecuación [3] es la correcta.

Sustituyendo con la ecuación [2] en la [1] y tomando logaritmos obtenemos la primera de las ecuaciones que estimamos:

$$\ln(Y_t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 \ln(K_{t-j}) + \alpha_3 \ln(S_t) + \alpha_4 \ln(A_t) + \varepsilon_{1t} \quad [3]$$

En principio, todos estos términos entran en valores contemporáneos excepto el capital. En el caso de esta variable se plantea la posibilidad de que algún desfase pueda mejorar el ajuste debido a los largos períodos de construcción de infraestructuras agrícolas y a que buena parte de las públicas requieren para su pleno rendimiento de inversiones privadas complementarias que se ultiman con posterioridad. Por otro lado, la especificación logarítmica –además de ser la que conduce a los mejores ajustes y de mitigar posibles problemas de heterocedasticidad– nos permite obtener las elasticidades de la variable explicada con respecto a cada una de las explicativas.

Adviértase ahora que la ecuación [3] incluye una variable explicativa que a su vez depende de las disponibilidades de agua. Esta variable es la superficie regada, cuya cuantía depende tanto de las inversiones en infraestructura de regadío como de las perspectivas sobre disponibilidades hídricas. En la medida en que nuestro objetivo es cuantificar el impacto total de las disponibilidades hídricas, debemos tener en cuenta no sólo el efecto directo de las mismas, sino también los efectos indirectos a través de esta variable. Con este fin estimaremos también la siguiente ecuación, en la que se tiene en cuenta que las decisiones sobre la superficie regada cada año pueden depender tanto de los aportes hídricos del período (sobre los cuales puede carecerse de suficiente información en el momento de planear la campaña de cultivos) como de los experimentados en los últimos ejercicios:

$$\ln(S_t) = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 \ln(K_{t-j}) + \sum_{s=0}^t \beta_{3+s} \ln(A_{t-s}) + \beta_{2t} \quad [4]$$

(3) Es decir, en la medida en que la función de producción tenga una forma del tipo  $Y_t = \min[L_t, F(T_t, K_t, S_t, A_t)]$ .

(4) Este es precisamente el problema que se plantea en Cepas y Dios Palomares (1999).



A su vez, sustituyendo la variable superficie regada de la ecuación [3] por esta expresión, obtenemos:

$$\ln(Y_t) = \gamma_0 + \gamma_1 t + \gamma_2 \ln(K_{t-j}) + \sum_{s=0}^t \gamma_{3+s} \ln(A_{t-s}) + \varepsilon_{3t} \quad [5]$$

Esta última ecuación incorpora finalmente toda una estructura de retardos de la variable agua que permite determinar el número de períodos que tardan en completarse los ajustes desencadenados por las variaciones persistentes del volumen de recursos hídricos.

Con ayuda de estas ecuaciones, los efectos directos e indirectos sobre la producción agraria de la disponibilidad de recursos hídricos pueden ser cuantificados por dos vías. La primera consiste en estimar por separado las ecuaciones [3] y [4], y sustituir en la primera con los resultados de la segunda. Y la segunda vía consiste en estimar directamente la ecuación [5]. Ambos métodos nos permiten cuantificar también tanto los efectos de las disponibilidades hídricas a corto plazo (contemporáneos) como los que se producen a más largo plazo (desfasados). Seguiremos ambas vías con el fin de contrastar su coherencia mutua y de comprobar que nos conducen a resultados similares.

Hay que señalar, finalmente, que existe la posibilidad de utilizar dos tipos distintos de magnitudes sobre producción: el VAB y la Producción Final Agraria (PFA). Tanto una como otra tienen interés, puesto que mientras que el VAB mide el flujo anual de riqueza neta generada en el sector, la PFA incorpora además el impacto productivo sobre los sectores suministradores de la agricultura (5). Cabe prever, sin embargo, un impacto diferente sobre cada una de estas magnitudes, al menos a corto plazo. La razón es que las reducciones imprevistas de los recursos hídricos tenderán a reducir más la producción neta que el uso de inputs (cuya utilización se efectúa o queda comprometida en buena parte antes de que se obtengan efectivamente los aportes de agua). En consecuencia, cabe prever un mayor impacto a corto plazo sobre el VAB que sobre la PFA. Con el fin de comprobar estas hipótesis utilizaremos ambas magnitudes en el análisis empírico.

---

(5) En concreto, el Valor Añadido Bruto representa el resultado económico de la actividad productiva del sector, y es equivalente al montante de las remuneraciones percibidas por los factores productivos aplicados a la actividad agraria más las amortizaciones del sector en el año de referencia. Se obtiene restando de la Producción Final Agraria los Consumos Intermedios (o gastos de fuera del sector o elementos intermedios incorporados al proceso productivo).

### 3. FUENTES ESTADÍSTICAS Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Una de las mayores dificultades para realizar el tipo de trabajo que aquí exponemos es la obtención de los datos necesarios. En este trabajo se ha dado tanto el caso de inexistencia de las series requeridas –de modo que ha sido necesaria su construcción por los autores a partir de documentación de base amablemente puesta a disposición de los mismos por las instituciones correspondientes– como de disponibilidad de más de una serie para la misma variable pero con valores no concordantes. En estos casos, se ha trabajado con todas las posibilidades con el fin de seleccionar finalmente las series que –conjuntamente con el resto de variables– ofrecían mejores ajustes y resultaban más coherentes.

Los datos utilizados corresponden a volúmenes de producción, índices de precios, recursos hídricos, capital hidráulico y superficies regadas. A continuación se detallan las series concretas finalmente utilizadas, las fuentes alternativas con las que se contaba –en su caso– y las posibles elaboraciones realizadas sobre las mismas.

Inicialmente, el periodo considerado para el análisis fue 1976-1998 (ambos inclusive). Aunque para muchas variables se disponía de series más largas, sólo el período 1976-1998 se hallaba cubierto por la totalidad de las series relevantes. Con todo, dado que buena parte de los datos correspondientes a 1998 tenían el carácter de «avance provisional» –lo cual en ocasiones deriva en valores algo sorprendentes– se optó por eliminar este último ejercicio de la base utilizada en las estimaciones.

#### 3.1. Datos sobre producción e índices de precios

Se dispuso de dos conjuntos de series de magnitudes relacionadas con la producción procedentes, por una parte, de la consejería de la Región de Murcia, y por otra del INE (Contabilidad Regional). Respecto al VAB, los datos proporcionados por uno y otro organismo tienen una evolución bastante similar. Solamente a partir del año 1996 aparecen algunas diferencias significativas: mientras que en los datos aportados por la consejería se observa una fuerte caída en la producción en el año 1998, no ocurre así con los datos facilitados por el INE, en los cuales se observa un ligero aumento de la producción ese mismo año. Los datos aportados por la consejería proporcionaban estimaciones del VAB para el periodo 80-98, mientras que los facilitados por el INE llegaban hasta el año 99. No obstante los datos del INE tienen la calificación de provisionales desde el año 94.

Dado que el INE señala claramente el carácter provisional de las series de contabilidad regional ofrecidas a partir de estas fechas (6) y que se produce un cambio en las definiciones de los precios a los que están referidos las variables y la metodología, finalmente se optó por utilizar las series de producción ofrecidas por la Consejería de Agricultura. Además, ésta es también la fuente original de los datos publicados por otros organismos oficiales como el MAPA. Por último, estos datos son los que conducen a un conjunto de resultados más consistente, lo cual constituye un test indirecto de la propia consistencia interna de la estadística.

En el caso del VAB, los datos anteriores a 1980 (76-80 para ser exactos) fueron facilitados por el MAPA y enlazados con los de la Consejería. De manera similar, los datos de Producción Final Agraria (total del sector y subsector agrícola) fueron obtenidos de la Consejería para el periodo 89-98, y enlazados con los de Newcronos y MAPA para el periodo 76-88.

La siguiente dificultad es la inexistencia de deflatores agrícolas específicos regionales (o al menos, su inexistencia en el caso de la región de Murcia). El único disponible es el proporcionado por la Fundación BBVA. Pero se trata de un deflactor que no está disponible todos los años, sino únicamente los impares (y las irregularidades que se observan arrojan ciertas dudas sobre su fiabilidad). La solución por la que se optó fue utilizar, alternativamente, el deflactor del VAB a precios de mercado para España y construir, por otro lado, un índice de precios agrícolas propio de Murcia. Este índice es el que finalmente dió lugar a resultados más consistentes que son los presentados en las tablas de la sección siguiente. Para la construcción del mismo se utilizó un conjunto de ponderaciones de acuerdo con la estructura productiva de la Región de Murcia (7) (datos facilitados por el MAPA), que fue aplicado a los índices de precios percibidos por los agricultores a nivel nacional. El resultado fue un índice de precios Laspeyres con base en 1987.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que no todo el VAB del sector agrario corresponde al subsector agrícola –que es el importante desde el punto de vista de la escasez de recursos hídricos–, sin que exista una estadística oficial sobre el VAB específico de éste. Esta cuestión se solventó asignando al subsector agrícola un porcentaje

---

(6) *Los datos del INE y los de las Consejerías tienden a converger a medida que se producen las sucesivas revisiones de los avances provisionales.*

(7) *La estructura productiva de la región permaneció bastante estable a lo largo de la mayor parte del periodo.*

del VAB calculado como el cociente entre producción final del subsector agrícola (de la que sí existen datos oficiales) y la producción final agraria. Así mismo, a la producción del subsector agrícola hay que restarle además la producción de secano. Sin embargo, ésta tiene una importancia bastante marginal en Murcia; en concreto, inferior al 7 por ciento de la producción final del subsector agrícola en la última década. Este fue el porcentaje utilizado para ajustar las series, aunque, en todo caso, si los porcentajes correspondientes a la producción de secano no oscilan excesivamente –de hecho la disponibilidad de agua para regadío está altamente correlacionada con las precipitaciones que alimentan el secano– el cálculo de las elasticidades no se ve afectado por la consideración separada o conjunta de la agricultura de secano.

### 3.2. Datos sobre Capital agrícola e hidráulico

Los datos sobre el capital agrícola e hidráulico de la Región de Murcia son el resultado de sumar las series sobre el stock de capital privado agrícola y sobre el stock de capital público de infraestructuras hidráulicas (la correlación entre estas dos series es muy elevada y conduce a problemas de multicolinealidad si se utilizan como variables separadas en las estimaciones econométricas). Estos datos proceden de la obra de Mas, Pérez y Uriel (1998) (8). Su evolución temporal se muestra en el gráfico 1.

Las regresiones que se muestran en las tablas son sólo una parte de las realizadas. En concreto, para el caso de esta variable se estudió la posibilidad de que los capitales asociados al regadío tuviesen efectos estadísticos distintos sobre la producción, dependiendo de que su origen fuese público o privado. Dado que no se obtuvo evidencia significativa de estos efectos diferenciales, el capital considerado en las regresiones es la suma de ambos.

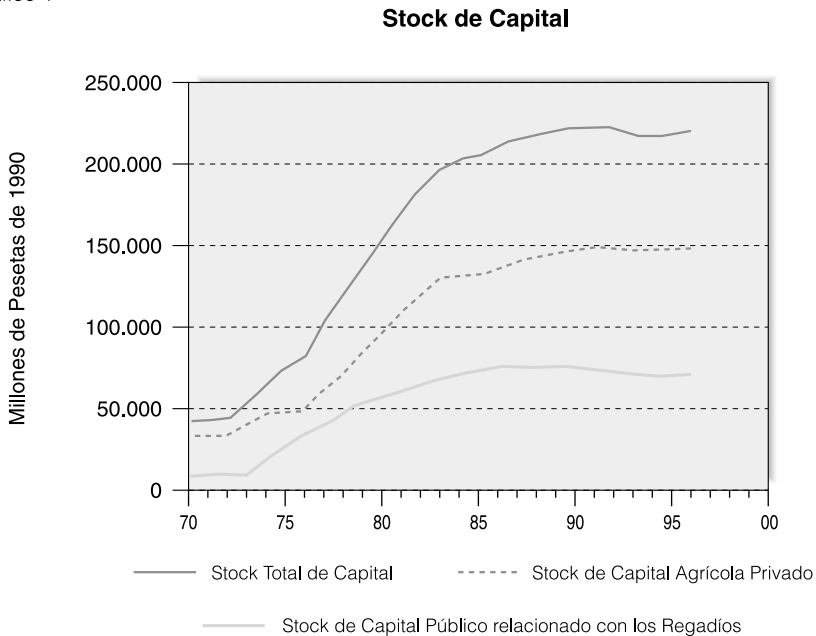
### 3.3. Datos sobre Superficie regada

Los datos sobre la evolución de la superficie de regadíos en la Región de Murcia son los que proporciona la Consejería de Medio Ambien-

---

(8) Las series de capital público elaboradas por estos autores incluyen el capital de la administración central, el de las comunidades autónomas y el de las confederaciones hidrográficas, y se construyen –al igual que se hace con el capital privado– siguiendo el Método del Inventario Permanente. En el volumen I, parte I, pp. 21-84 y 106-111 de la obra citada puede consultarse todo el detalle de las fuentes de información utilizadas y la metodología seguida por Mas, Pérez y Uriel en la elaboración de estas series.

Gráfico 1



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del IVE.

te, Agricultura y Agua y MAPA. La evolución de esta variable –junto con la de los recursos hídricos totales– se muestra en el gráfico 2.

### 3.4. Datos sobre Recursos hídricos

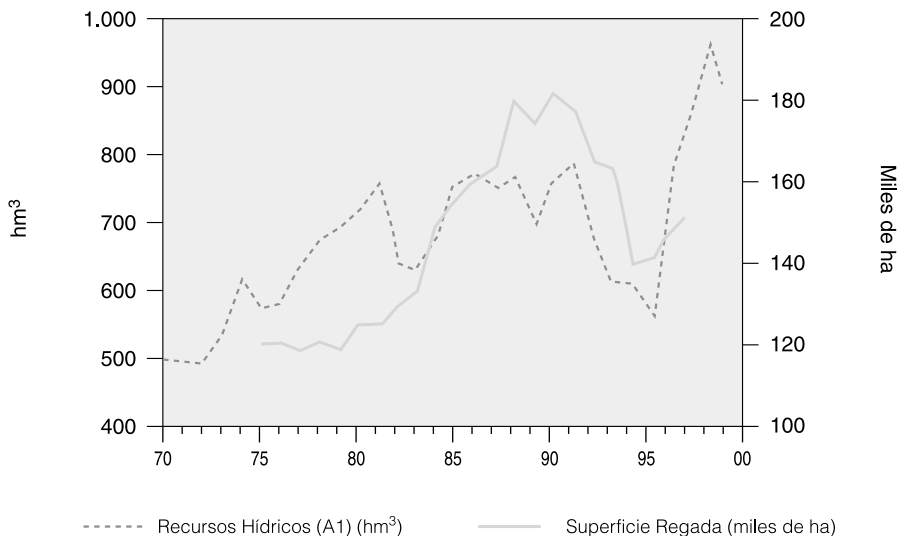
La mayor dificultad para disponer de series sobre utilización de recursos hídricos en Murcia la constituye el volumen de aguas subterráneas. Dada la inexistencia de series fiables sobre los volúmenes anualmente bombeados para uso agrícola, y ante las diferencias de opinión entre los diversos expertos consultados sobre el comportamiento cíclico de la extracción de aguas subterráneas, se consideró que lo más conveniente era establecer tres hipótesis o «escenarios» distintos y trabajar con todos ellos. Estos escenarios son los siguientes:

#### 3.4.1. Escenario Base o intermedio: Serie A1

Supone un bombeo de aguas para uso agrícola con una muy suave tendencia creciente (fija) entre 1986 y la actualidad. En este primer escenario consideramos que a lo largo de todo el periodo 1986-1998 se ha producido un crecimiento del 10 por ciento (lo que equivale a una tasa

Gráfico 2

**Recursos Hídricos y Superficie Regada**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Confederación Hidrográfica del Segura, la Consejería de Agricultura de la CARM y el MAPA.

media de crecimiento anual inferior al 0,8 por ciento), de manera que si el dato correspondiente a Murcia en el año 1998 era 454 hm<sup>3</sup>, tenemos un volumen de 413 hm<sup>3</sup> para el año 1986. Dicho dato de 454 hm<sup>3</sup> para la región de Murcia se obtiene a partir de un volumen para el total de la Cuenca de 577 hm<sup>3</sup> (9), y aplicando sobre él la parte proporcional que correspondería a Murcia, de acuerdo con los registros oficiales de permisos para extracción para el conjunto de la Cuenca del Segura (el total de caudales inscritos para uso agrícola es de 474,602 hm<sup>3</sup>, de los cuales corresponden a la provincia de Murcia 374,320 hm<sup>3</sup>, es decir, el 78,87 por ciento). Para los años anteriores a 1986, se ajusta una tendencia lineal de acuerdo con los datos sobre número de captaciones de aguas subterráneas 1950-1980 proporcionados en Aragón y Senent (1995), hasta alcanzar el mencionado valor de 413 (10).

(9) Esta es la cifra que se indica en Cabezas (1995), p. 394, para la extracción de pozos (suma de los recursos renovables más la sobreexplotación), y en ella coinciden –en términos, lógicamente, aproximativos– otros expertos consultados.

(10) En los cálculos se han obviado los volúmenes de reutilización de aguas debido a que la simple consideración de un cierto porcentaje del total del agua dispuesta, como de agua reutilizada, no alteraría nuestros cálculos que se basan siempre en el uso de variaciones porcentuales y elasticidades. En todo caso, estos volúmenes pueden conside-

### 3.4.2. Escenario «Contracíclico»: Serie AC

Este segundo escenario toma el anterior como base, modificándolo ligeramente para incluir la hipótesis manejada por algunos expertos de que –en las zonas con riegos mixtos– las extracciones aumentan durante los períodos de sequía (aunque esto se compensa en parte con la desecación de algunos acuíferos en otras zonas) y se reducen en las épocas de abundancia de recursos superficiales. En consecuencia se produce un comportamiento contracíclico de las aguas subterráneas con respecto a la disponibilidad de aguas superficiales. La valoración cuantitativa que se hace de este posible efecto –siempre basada en las opiniones de algunos expertos en esta fuente de recursos hídricos– es considerar que las oscilaciones del bombeo son inversamente proporcionales a las variaciones en las aguas superficiales, y que alcanzan su máximo en las épocas de mayor sequía. Este máximo supondría un 15 por ciento de incremento sobre la media de bombeos a lo largo de todo el período (para el conjunto de la región) (11).

### 3.4.3. Escenario «Oficial»: Serie AOF

En este escenario se suponen constantes los volúmenes anuales extraídos desde 1986 (tal como oficialmente se ha derivado de la aplicación de la Ley de Aguas de 1985, con la salvedad de los excepcionales «pozos de sequía» mencionados en la última nota a pie) e iguales a las inscripciones actuales de bombeo para regadíos: 374,320 hm<sup>3</sup> en la provincia de Murcia. Con anterioridad a este año se realiza un enlace con este valor de manera similar al efectuado en los dos escenarios anteriores (tendencia creciente lineal a partir de los datos ya indicados de Senent y Aragón, 1995).

Las series así obtenidas sobre aguas subterráneas se sumaron a las facilitadas por la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS) sobre aguas superficiales. Hay que señalar a este respecto que los datos anuales sobre recursos hídricos facilitados por la CHS se refie-

---

*rarse como uno de los elementos que justifican el margen de crecimiento incluido en la serie A1. En general se considera que la reutilización y los retornos podrían suponer en torno a un 8 por ciento adicional, con una leve tendencia creciente debido al paulatino incremento del tratamiento de aguas residuales.*

*(11) Por otro lado, durante los años de la sequía de la primera mitad de los noventa se abrieron los llamados «pozos de sequía». Su máximo caudal se obtuvo en el año hidrológico 1995-1996 y alcanzó para la provincia de Alicante 13,5 hm<sup>3</sup> y 17,7 hm<sup>3</sup> en la de Murcia (el año anterior, los volúmenes bombeados pudieron alcanzar un 25 por ciento de este valor, y menos en los anteriores). La explotación de estos pozos fue prorrogada hasta el final del año natural de 1996. En los cálculos, se han considerado integrados estos volúmenes en el 15 por ciento de incremento máximo de los recursos subterráneos.*

ren a años hidrológicos y no a años naturales. Puesto que el resto de series (producción, capital, etc.) corresponde a años naturales, se reelaboraron aquellas series ajustándolas al año natural a partir de las estimaciones sobre desembalse mensual disponibles para los años más recientes. En concreto, para construir la serie de agua desembalsada para riego en la provincia Murcia se procedió de la siguiente manera: se disponía de datos anuales –correspondientes a años hidrológicos– para todos los años del periodo de análisis. Para hacer una estimación de los datos correspondientes a años naturales se disponía adicionalmente de datos mensuales para el periodo 1985-1999, aunque sin desagregar por provincias y sin tener en cuenta el abastecimiento urbano e industrial. Sin embargo, estos datos mensuales se pueden utilizar para pasar los datos anuales (que sí están desagregados por provincias y descuentan el abastecimiento no agrícola) a años naturales. Puesto que el año hidrológico ( $t/t+1$ ) va desde octubre del año  $t$  hasta septiembre del año  $t+1$ , utilizamos los datos mensuales para calcular las ratios de agua desembalsada entre octubre y diciembre del año  $t$ , con respecto al agua desembalsada en el año hidrológico ( $t/t+1$ ). Estas ratios –que denotamos por  $\theta_t$ – se calcularon para los años hidrológicos que van de 1985/86 a 1998/99, inclusive. Posteriormente estos coeficientes se utilizaron para pasar los datos de años hidrológicos a datos sobre años naturales utilizando la siguiente fórmula:

$$(\text{Desembalse año natural } t) = (1-\theta_{t-1}) \times (\text{Desembalse año hidrol. } (t-1/t)) + \theta_t (\text{Desembalse año hidrol. } (t/t+1))$$

Puesto que el primer dato mensual disponible es el de octubre de 1985, para los años anteriores el coeficiente  $\theta_t$  utilizado fue el promedio para los datos disponibles. Dado que los coeficientes son bastante estables, este supuesto parece bastante razonable. La manera de proceder con el agua del trasvase Tajo-Segura fue idéntica a la del agua procedente de la propia cuenca.

La evolución de distintos componentes de los recursos hídricos de que dispuso la agricultura de Murcia, así como la del total de los recursos, bajo las tres hipótesis consideradas sobre bombeos, aparecen en los gráficos 3 y 4.

## 4. MÉTODO DE ESTIMACIÓN Y RESULTADOS

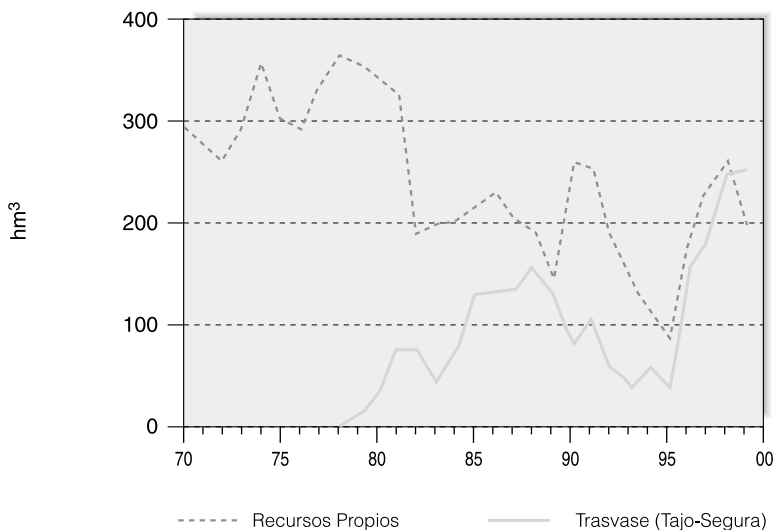
### 4.1. Metodología econométrica

El método utilizado para realizar las estimaciones de las ecuaciones [3], [4] y [5] ha sido el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).



Gráfico 3

### Recursos Hídricos Superficiales

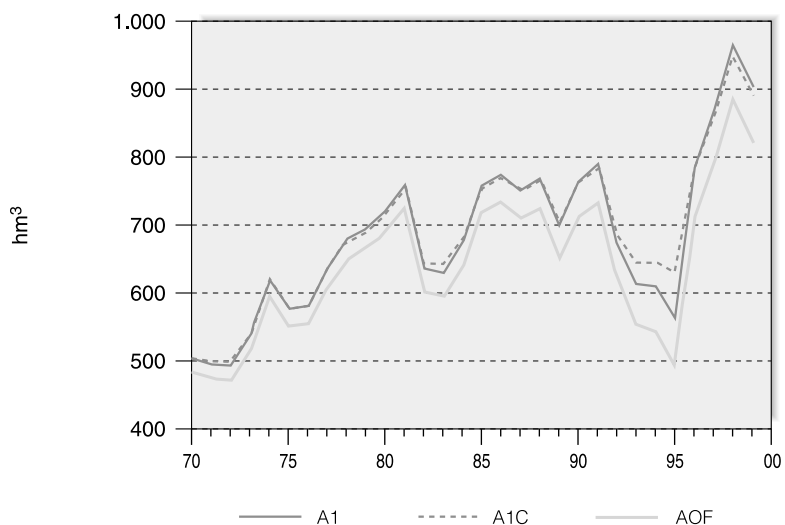


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Confederación Hidrográfica del Segura.

Gráfico 4

### Evolución de los Recursos Hídricos Totales

(Basado en distintas hipótesis sobre bombeo de Aguas Subterráneas)



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Confederación Hidrográfica del Segura.

Este método es el adecuado por las siguientes razones. En primer lugar, si el modelo estimado está bien especificado, las estimaciones de los parámetros serán consistentes. En segundo lugar, debido a que los residuos de las ecuaciones obtenidos en las estimaciones no están autocorrelacionados, no parece haber ningún problema de omisión de variables relevantes, a menos que éstas permanezcan constantes a lo largo de todo el periodo muestral; en cuyo caso estarían incluidas en el término constante. Respecto a un posible problema de multicolinealidad, la matriz de correlaciones de los regresores utilizados en las estimaciones no muestra elevadas correlaciones cruzadas entre las series utilizadas. Otro posible problema que pueden presentar los datos se refiere a la presencia de tendencias estocásticas; esto es, a la presencia de raíces unitarias en las series. Sin embargo, dado el reducido número de observaciones, carece de sentido hacer un contraste formal para estudiar la presencia de raíces unitarias en los datos, puesto que dichos contrastes carecerán de potencia alguna. Además, aunque las series presentasen tendencias estocásticas, si existiese alguna relación de largo plazo entre ellas –es decir, si las series estuviesen cointegradas, tal y como impone la teoría– dicha relación debería estimarse por MCO. Las regresiones estimadas solamente resultarían espurias si no existiese tal relación a largo plazo entre las variables; lo cual se manifestaría en un estadístico Durbin-Watson muy bajo y en unos residuos con una varianza creciente. En nuestro caso, los resultados de dicho estadístico –que aparecen en cada una de las tablas– ponen de manifiesto que no existe tal problema. Además los residuos son prácticamente ruido blanco, lo que corrobora la correcta especificación del modelo.

Los estadísticos «t» que se muestran en las tablas de resultados están corregidos de acuerdo con la metodología de White (1980) con el fin de que sean consistentes con respecto a un posible problema de heterocedasticidad de los residuos. En el caso del coeficiente y el estadístico t asociado a las constantes de cada ecuación, hay que indicar que dependen de manera espuria de las unidades utilizadas; razón por la cual estos valores no aparecen en las tablas.

En las ecuaciones con retardos (ya sean relativos a los recursos hídricos o al capital), la selección de su número y del número de años con el que se incorporan se ha realizado recurriendo a los criterios AIC (Akaike Information Criterion) y BIC (Schwarz Criterion). Estos criterios son ampliamente utilizados en econometría a la hora de seleccionar entre distintos modelos, y presentan un refinamiento con respecto a la utilización del  $R^2$  o  $R^2$  ajustado. La idea que está detrás de estos criterios es la de proporcionar una medida de la bondad del

modelo, ponderando, de un lado, la bondad del ajuste de ese modelo a los datos y, por otro, la simplicidad del modelo (principio de parcidad). Esto es, ante dos modelos que sean igual de buenos a la hora de describir los datos, se elige aquel que utiliza un menor número de regresores (12).

## 4.2. Resultados

La mayoría de las series estadísticas necesarias para realizar las regresiones están disponibles desde 1977, inclusive. Sin embargo, una vez realizado el análisis estadístico haciendo uso de las series completas, se comprobó que los primeros años de las series –en concreto, los años que van de 1977 a 1980, ambos inclusive– conducían a resultados poco robustos. Esto sugería la existencia de cambios estructurales importantes en la agricultura murciana hasta esa fecha (13), aunque también hay que reconocer que los primeros años de la estadística regional de producción agrícola ofrecen serias dudas sobre su fiabilidad. En consecuencia, se optó por limitar al período 1981-1997 (ambos años inclusive) las series utilizadas en las estimaciones. Se comprobó además que, a partir de 1981, los coeficientes estimados eran robustos a la eliminación ulterior de más años.

En los cuadros 1 a 4 se muestran los resultados de las distintas estimaciones. En todos los casos se aportan los coeficientes obtenidos con cada una de las series alternativas sobre recursos hídricos construidas: A1, AC y AOF. En general, los resultados obtenidos con las distintas series de agua son similares –normalmente, las diferencias no son estadísticamente significativas– lo cual nos permite comprobar que los resultados no dependen excesivamente de la hipótesis concreta adoptada a este respecto. Por esta razón nos limitaremos a comentar los resultados específicos correspondientes a la primera de estas series.

En el cuadro 1 aparecen los resultados obtenidos de estimar la ecuación [1] tomando como variable a explicar el VAB del subsector agrícola. Todas las variables son significativas y aparecen con los resultados esperados *a priori*. Aparece una tendencia al crecimiento del VAB agrícola murciano algo superior al 2 por ciento anual –suponiendo

---

(12) Véase Box et al. (1994).

(13) Así, por ejemplo, el impacto estructural más importante sobre el regadío murciano en los últimos veinticinco años es probablemente la puesta en funcionamiento del Trasvase Tajo-Segura. Y, en efecto, las aportaciones dicho trasvase no empiezan de manera muy limitada hasta 1979, y no alcanzan un nivel relativamente normal hasta 1981.

Cuadro 1

RESULTADOS DE ESTIMAR LA ECUACIÓN [3] UTILIZANDO EL VAB DEL SUBSECTOR AGRÍCOLA COMO VARIABLE EXPLICADA

| Variable              | A1              | AC              | AOF             |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| t                     | 0,021<br>(3,36) | 0,021<br>(3,19) | 0,023<br>(3,69) |
| K <sub>t-2</sub>      | 0,74<br>(2,71)  | 0,71<br>(2,59)  | 0,73<br>(2,69)  |
| S <sub>t</sub>        | 0,75<br>(2,78)  | 0,79<br>(2,85)  | 0,75<br>(2,79)  |
| A <sub>t</sub>        | 0,32<br>(2,83)  | 0,37<br>(2,39)  | 0,34<br>(1,92)  |
| R <sup>2</sup> ajust. | 0,96            | 0,96            | 0,96            |
| D-W                   | 2,90            | 2,99            | 2,93            |

Todas las variables entran en la especificación en logaritmos. Todas las estimaciones incluyen un término constante. El método utilizado es mínimos cuadrados ordinarios. Los estadísticos t aparecen entre paréntesis y están corregidos por posible heterocedasticidad de acuerdo con el procedimiento de White.

que se mantuviesen constantes los volúmenes de capital, tierra y agua utilizados– que cabe atribuir a las mejoras tecnológicas. El número de desfases obtenido para el stock de capital fue de dos; aunque, en todo caso, los resultados son muy similares si se reduce el desfase a un período o incluso si se utiliza el capital contemporáneo. La elasticidad del VAB al volumen contemporáneo de agua aportado, suponiendo constantes la superficie regada y el capital, se sitúa en torno a un tercio. Ahora bien, la suma de las elasticidades correspondientes a la superficie y el agua resulta ser algo superior a la unidad (1,07); lo cual nos indica que aumentos simultáneos de la superficie regada y del agua en una misma proporción conducen a su vez a aumentos del VAB en la misma proporción. Por último, los valores de 0,96 de los R<sup>2</sup> ajustados nos indican que los ajustes son muy buenos (aunque hay que tener presente que el pequeño tamaño de la muestra facilita este resultado favorable). Mientras que los valores de los estadísticos Durbin-Watson, aunque elevados, se sitúan en intervalos que no señalan un problema de autocorrelación de los errores (14).

(14) En su estudio para la economía china, Sun (1999) obtiene una elasticidad de la producción agraria con respecto al agua de riego en torno a 0,5, aunque con grandes variaciones entre las distintas regiones. Esta cifra se asemeja bastante a la elasticidad contemporánea del agua que obtenemos nosotros (esto es, el coeficiente que acompaña a A<sub>t</sub>). Sin embargo, Sun (1999) no plantea una especificación dinámica que le permita obtener también la elasticidad a largo plazo.

El cuadro 2 informa de los resultados obtenidos al estimar la ecuación [2]. En primer lugar hay que comentar el signo negativo asociado a la variable temporal  $t$ . Este signo indica que, de no aumentar el stock de capital ni los volúmenes de agua dispuestos, se verificaría una tendencia a la reducción de la superficie regada que cabe situar en un 1 por ciento anual (15). Naturalmente, el notable incremento del stock de capital operado a lo largo del período estudiado

Cuadro 2

RESULTADOS DE ESTIMAR LA ECUACIÓN [4] DONDE LA VARIABLE EXPLICADA ES LA SUPERFICIE REGADA

| Variable         | A1                | AC                | AOF               |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $t$              | -0,010<br>(-3,29) | -0,013<br>(-4,39) | -0,006<br>(-1,87) |
| $K_{t-2}$        | 0,89<br>(9,98)    | 0,91<br>(10,10)   | 0,86<br>(9,52)    |
| $A_t$            | 0,30<br>(4,16)    | 0,37<br>(4,28)    | 0,27<br>(4,14)    |
| $A_{t-1}$        | 0,25<br>(5,53)    | 0,31<br>(5,83)    | 0,22<br>(5,52)    |
| $A_{t-2}$        | 0,20<br>(5,05)    | 0,26<br>(5,57)    | 0,18<br>(5,03)    |
| $A_{t-3}$        | 0,14<br>(2,43)    | 0,20<br>(2,81)    | 0,13<br>(2,40)    |
| $\Sigma A_{t-j}$ | 0,89<br>(5,87)    | 1,15<br>(6,32)    | 0,80<br>(5,87)    |
| $R^2$ ajust.     | 0,90              | 0,90              | 0,90              |
| D-W              | 2,37              | 2,32              | 2,38              |

Todas las variables entran en la especificación en logaritmos. Todas las estimaciones incluyen un término constante. El método utilizado es mínimos cuadrados ordinarios. Los estadísticos  $t$  aparecen entre paréntesis y están corregidos por posible heterocedasticidad de acuerdo con el procedimiento de White.

(15) La brecha que se abre entre la rentabilidad, los salarios y las condiciones de vida en la agricultura, y los que se obtienen en los otros sectores, puede generar una tendencia a la reducción de las superficies agrícolas en los países desarrollados. La virtud de los procedimientos econométricos es que nos permiten estudiar los efectos (en forma de elasticidades, si la especificación es logarítmica) de cada variable condicionados al mantenimiento de valores constantes para el resto de variables. Esto significa que la tendencia del 1 por ciento al descenso de la superficie regada se manifestaría de mantenerse constantes el capital agrícola y las disponibilidades hídricas. Ahora bien, esta tendencia puede verse compensada –incluso con creces– por las inversiones de capital en la agricultura, las cuales, al elevar la productividad, pueden permitir el mantenimiento de la rentabilidad relativa de la agricultura (y, por tanto, el mantenimiento o aun la ampliación de la superficie regada). Por el contrario, si en el futuro no aumentase más la capitalización de la agricultura, y a la vez se produjese un descenso de las disponibilidades hídricas (quizá como consecuencia del cambio climático, pero sobre todo como consecuencia del agotamiento de los muchos acuíferos subterráneos actualmente sobreexplotados) el ritmo de reducción de tierras de regadío cultivadas sería superior al 1 por ciento (tendríamos que sumar a la tendencia del 1 por ciento, la multiplicación del valor porcentual de la reducción en los recursos hídricos por la elasticidad –el coeficiente estimado– correspondiente a estos recursos).

ha sido más que suficiente para compensar esta tendencia en la Región de Murcia. Y, en efecto, el stock de capital –que incluye las infraestructuras públicas de regadío– resulta estadísticamente muy significativo para explicar la superficie regada. Por su parte, el volumen de recursos hídricos resulta significativo –con un coeficiente monótonamente decreciente– hasta con tres retardos, indicando que los ajustes sobre utilización de tierras de regadío ante cambios persistentes en estos recursos tardan hasta tres periodos en completarse. La razón de estos retardos es que las decisiones sobre la superficie de regadío puesta en cultivo se toman en buena medida con anterioridad a conocer los volúmenes hídricos de que se dispondrá, de manera que dichas decisiones han de basarse en la experiencia sobre los aportes disponibles en los últimos años. En otras palabras, cuando un cierto año la disponibilidad de agua para regadío se reduce, no puede saberse en un principio si se trata de una escasez accidental o si se está ante un ciclo de sequía de los que se han sufrido periódicamente; en consecuencia la superficie regada no se reduce contemporáneamente de manera drástica, sino paulatinamente y en años sucesivos, en la medida en que se confirme la persistencia de la escasez (y, simétricamente, cuando el volumen de agua disponible se recupera, el aumento de la superficie regada no es inmediato, sino que se escalona en el tiempo). El gráfico 2 ofrece una impresión visual complementaria de esta relación dinámica. La suma de todo este impacto escalonado arroja una elasticidad a largo plazo muy próxima a la unidad (0,89). Por último, los estadísticos  $R^2$  ajustado y de Durbin-Watson apoyan la bondad y consistencia de los resultados obtenidos.

Los resultados de estimar la ecuación [3] para el VAB del subsector agrícola aparecen en el cuadro 3. Como ya señalamos, esta ecuación integra tanto los efectos directos de las disponibilidades hídricas como los indirectos que se materializan a través de las decisiones sobre superficie regada. Puede comprobarse que los coeficientes obtenidos son muy similares a los que se obtienen si sustituimos la variable  $S_t$  en la ecuación [1] con los resultados de la ecuación [2]. Los valores de los estadísticos  $R_2$  ajustado y de Durbin-Watson son excelentes. Los dos resultados clave a retener son la elasticidad a corto plazo (0,44) y la total o a largo plazo (0,96) (elasticidades con respecto a la variable agua en ambos casos). Este último valor implica que el valor unitario, que a veces se ha utilizado apriorísticamente en cálculos que requerían este parámetro, no constituye una mala aproximación (al menos para la región y el período concretos estudiados). Sin embargo, un valor tan elevado resulta en cierta medida sorpren-

Cuadro 3

RESULTADOS DE ESTIMAR LA ECUACIÓN [5] UTILIZANDO EL VAB DEL SUBSECTOR  
AGRÍCOLA COMO VARIABLE EXPLICADA

| Variable         | A1              | AC              | AOF             |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| t                | 0,015<br>(2,25) | 0,011<br>(1,87) | 0,019<br>(2,65) |
| $K_{t-2}$        | 1,40<br>(7,18)  | 1,43<br>(7,65)  | 1,36<br>(6,76)  |
| $A_t$            | 0,44<br>(5,73)  | 0,55<br>(5,74)  | 0,40<br>(5,68)  |
| $A_{t-1}$        | 0,32<br>(4,22)  | 0,41<br>(4,54)  | 0,29<br>(4,16)  |
| $A_{t-2}$        | 0,20<br>(1,35)  | 0,28<br>(1,55)  | 0,18<br>(1,32)  |
| $\Sigma A_{t-j}$ | 0,96<br>(4,22)  | 1,24<br>(4,54)  | 0,87<br>(4,16)  |
| $R^2$ ajust.     | 0,95            | 0,95            | 0,95            |
| D-W              | 2,18            | 2,21            | 2,19            |

Todas las variables entran en la especificación en logaritmos. Todas las estimaciones incluyen un término constante. El método utilizado es mínimos cuadrados ordinarios. Los estadísticos t aparecen entre paréntesis y están corregidos por posible heterocedasticidad de acuerdo con el procedimiento de White.

dente. Ello es debido a que si las oscilaciones en las disponibilidades de recursos hídricos fuesen soportadas por las explotaciones menos eficientes y los cultivos más intensivos en agua, el impacto sobre la producción agrícola sería proporcionalmente menor (es decir, cabría esperar rendimientos claramente decrecientes; lo cual se pondría de manifiesto con una elasticidad sensiblemente inferior a la unidad). Sin embargo, la proximidad a la unidad de la elasticidad a largo plazo apunta a una limitada eficiencia en la administración de las variaciones en las disponibilidades hídricas –posiblemente como consecuencia del muy escaso desarrollo del mercado del agua (16)– que conduce a que las oscilaciones hídricas sean absorbidas en buena medida por explotaciones con productividad relativamente alta.

(16) Todo ello a pesar de que la cuenca del Segura es una de las que registra una economía del agua más madura y de más tradición: véase Sumpsi et al. (1998), cap. 5. Como estos mismos autores señalan y documentan, la escasez relativa de agua conduce a significativas diferencias de precios entre cuencas para este recurso. Esto incentiva una mayor eficiencia –en términos agregados– en las cuencas con mayor escasez, entre las que destaca la del Segura. Pero –siempre según los autores citados– la escasez relativa no resulta tan importante para explicar las diferencias intra-cuencas de precios (lo que sugiere una insuficiencia del desarrollo del mercado del agua dentro de cada una de ellas). Sobre la problemática del mercado del agua en la cuenca del Segura véase también Martínez Gallúr et al. (1995).

Por último, el cuadro 4 presenta los resultados de estimar la ecuación [3] utilizando la producción final del subsector agrario como variable a explicar. Como puede observarse, la elasticidad a corto plazo de la producción final agrícola es algo inferior a la del VAB, mientras que la elasticidad a largo plazo es algo superior. Como ya habíamos adelantado en nuestras hipótesis, existen razones para que esto sea así. Las oscilaciones a corto plazo de los aportes hídricos resultan en buena medida inesperadas, y conducen como consecuencia de ello a oscilaciones de la producción que son superiores a las de los inputs utilizados. Ello implica una oscilación a corto plazo del VAB mayor que la del valor de la producción final. En efecto, en el gráfico 5 puede comprobarse cómo tienden a coincidir las épocas de escasez de agua con las de un bajo ratio VAB/PFA (el coeficiente de correlación entre agua y este ratio es de 0,65). Este mayor impacto sobre los ingresos netos que sobre el valor total de la producción, de las oscilaciones a corto plazo en las disponibilidades de agua, es un elemento a tener en cuenta en la valora-

Cuadro 4

RESULTADOS DE ESTIMAR LA ECUACIÓN [5] UTILIZANDO LA PFA DEL SUBSECTOR AGRÍCOLA COMO VARIABLE EXPLICADA

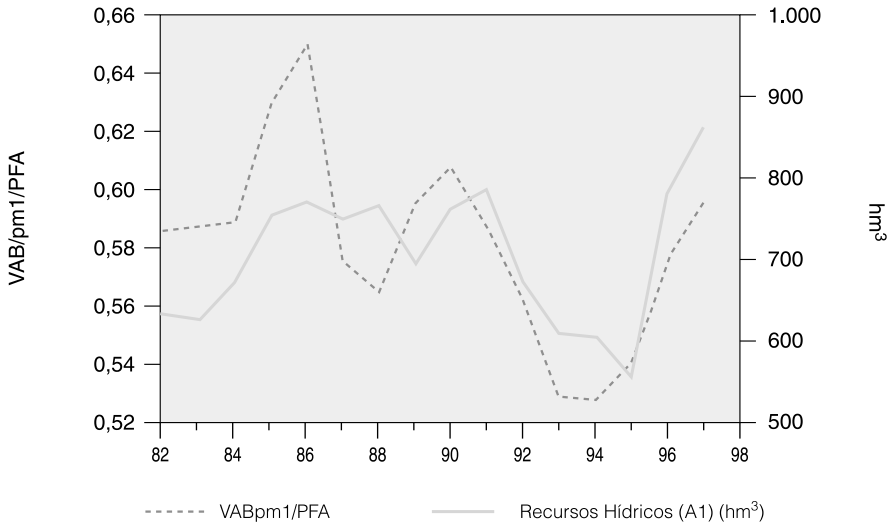
| Variable         | A1              | AC              | AOF             |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| t                | 0,030<br>(3,62) | 0,025<br>(3,30) | 0,035<br>(3,83) |
| $K_{t-2}$        | 0,90<br>(2,94)  | 0,93<br>(3,04)  | 0,85<br>(2,72)  |
| $A_t$            | 0,33<br>(3,57)  | 0,42<br>(3,49)  | 0,30<br>(4,99)  |
| $A_{t-1}$        | 0,32<br>(4,27)  | 0,40<br>(4,23)  | 0,28<br>(4,99)  |
| $A_{t-2}$        | 0,30<br>(3,16)  | 0,38<br>(3,17)  | 0,27<br>(4,99)  |
| $A_{t-3}$        | 0,28<br>(2,05)  | 0,37<br>(2,08)  | 0,26<br>(4,99)  |
| $\Sigma A_{t-j}$ | 1,24<br>(4,74)  | 1,57<br>(3,84)  | 1,11<br>(4,99)  |
| $R^2$ ajust.     | 0,95            | 0,95            | 0,95            |
| D-W              | 2,44            | 2,50            | 2,45            |

Todas las variables entran en la especificación en logaritmos. Todas las estimaciones incluyen un término constante. El método utilizado es mínimos cuadrados ordinarios. Los estadísticos t aparecen entre paréntesis y están corregidos por posible heterocedasticidad de acuerdo con el procedimiento de White.



Gráfico 5

**Evolución del ratio de VAB agrícola sobre producción final de la agricultura frente a la de los recursos hídricos totales**



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Confederación Hidrográfica del Segura, la Consejería de Agricultura de la CARM y el MAPA.

ción de la importancia de mejorar la *garantía en el suministro de agua* (frente a la valoración de posibles incrementos en el nivel medio de aportaciones). A largo plazo, sin embargo, la PFA presenta una mayor elasticidad. Esto apunta a que son las explotaciones más intensivas en inputs de fuera del sector agrario –y, por tanto, las explotaciones más modernas– las que se ven más afectadas por las oscilaciones a largo plazo en las disponibilidades de agua. Si así fuera, tendríamos una nueva señal de que son en buena parte explotaciones relativamente modernas –y más productivas– las que actúan como receptoras marginales de los recursos hídricos para regadío, soportando una porción importante de las oscilaciones en los mismos.

En definitiva, estos resultados aportan nuevos indicios de que los mecanismos que han venido rigiendo la asignación del agua entre los distintos demandantes son bastante mejorables. Parecen existir pocas dudas de que un impulso decidido en favor del desarrollo del mercado del agua podría contribuir de manera importante a la superación de las ineficiencias en la asignación de los recursos hídricos.

## 5. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

En este trabajo hemos estudiado las relaciones agregadas entre las disponibilidades hídricas y la producción de regadío en Murcia. Nuestro análisis nos ha permitido separar las relaciones a corto plazo, de las correspondientes al largo plazo, descomponer los efectos de las oscilaciones hídricas entre un impacto sobre la superficie regada y otro de ésta sobre la producción, y estudiar los efectos diferenciales que se producen sobre el VAB y sobre la Producción Final agrícola. Los resultados sobre la elasticidad a largo plazo de la producción con respecto a la disposición de agua indican que el valor unitario que a veces se plantea como hipótesis de trabajo poco contrastada, constituye una buena aproximación al menos en la región estudiada. Para el caso concreto del PHN (2001) en el que se consideran para esta elasticidad valores entre 0,5 y la unidad, según los casos (véase el Tomo correspondiente a «Análisis Económicos», especialmente en su apartado 4.3.4), los valores obtenidos sugieren que, por lo que se refiere a este aspecto, los cálculos del PHN no sobrestiman en ningún caso el impacto productivo del posible agotamiento de acuíferos (estando nuestras estimaciones sujetas, evidentemente, al mantenimiento del entorno institucional que determina la asignación de los recursos hídricos).

Por otra parte, cuando la modificación en los volúmenes de recursos hídricos no dura más de un año, el impacto se reduce a menos de la mitad. La razón es que la mayor parte del impacto de alteraciones en las dotaciones de recursos hídricos no se produce tanto por la modificación en los aportes por hectárea regada como por la modificación de la superficie regada; y que la mayor parte de estas últimas modificaciones no se deciden de inmediato (o contemporáneamente), sino con un cierto retraso y escalonamiento temporal. Así mismo, hemos obtenido que mientras que a corto plazo el impacto sobre el VAB agrícola de regadío es mayor que el impacto sobre la Producción Final, a largo plazo la diferencia adopta el signo contrario.

Cabe hacer una reflexión final sobre los mecanismos de asignación de los recursos hídricos en la región estudiada. En principio, cabría esperar que las reducciones en las dotaciones de agua condujeran a reducciones menos que proporcionales en la producción agrícola (y simétricamente para los incrementos), en la medida en que sean las áreas y explotaciones menos productivas y los cultivos más intensivos en agua los que absorban una mayor proporción de la escasez del recurso. Sin embargo, la obtención de una elasticidad a largo plazo muy próxima a la unidad no apunta en esta dirección, sino más bien

en la de una administración poco eficiente de dicha escasez. Dicha elasticidad –al igual que la obtención de una elasticidad a largo plazo sobre la Producción Final mayor que la obtenida sobre el VAB– sugiere que parte de las explotaciones potencialmente más productivas sólo obtienen dotaciones hídricas adecuadas en las épocas de abundancia relativa, sin que se produzca un desvío significativo de recursos desde las menos eficientes hacia aquéllas en las épocas de penuria.

Estos resultados constituyen una importante señal de la necesidad de desarrollar los medios físicos y económico-jurídicos que permitan el funcionamiento adecuado del mercado del agua. Efectivamente, aunque los mercados del agua en España son legales desde la reforma de la Ley de Aguas de 1999 que en su artículo 61 bis introduce los contratos de cesión de derechos de agua (17), la falta del correspondiente desarrollo reglamentario ha impedido en la práctica la realización de transacciones en el marco de la nueva normativa (18). La regulación efectiva de estos contratos deberá facilitar en el futuro la transferencia descentralizada y voluntaria de recursos hídricos desde las utilidades más intensivas y menos eficientes de estos recursos hacia las que pueden generar un mayor rendimiento por unidad consumida.

Dado que cabe esperar que esta situación vaya evolucionando positivamente, constituye un interesante objeto de estudio para futuros trabajos la comprobación y cuantificación de los cambios mediante la reestimación de las elasticidades aquí analizadas –cuyo valor debería tender a disminuir conforme se faciliten las transacciones mercantiles del agua– así como la comparación del valor de estas elasticidades entre cuencas y grandes áreas en las que la disponibilidad de agua para regadío esté sujeta a oscilaciones relevantes.

## BIBLIOGRAFÍA

ARAGÓN, R. y SENENT, M. (1995): «Recursos hídricos subterráneos: situación actual y gestión futura», en F. Cabezas y Senent, M. (1995), *Agua y futuro en la Región de Murcia*, Asamblea Regional de Murcia, Murcia: pp. 105-128.

---

(17) Un análisis pormenorizado de esta disposición puede consultarse en Garrido (1999) y en Riesgo y Gómez-Limón (2001). Para una visión crítica sobre la gran cantidad de límites y cautelas establecidos a pesar de todo por la nueva disposición, véase Ariño y Sastre (1999); mientras que Embid Irujo (2000) alerta de algunos peligros relacionados, por ejemplo, con posibles externalidades medioambientales negativas si no se regula adecuadamente el desarrollo del mercado. En todo caso, la alternativa del mercado siempre aparece como elemento fundamental para incentivar un uso más racional del recurso. Ramos Gorostiza (2000), por ejemplo, ha abundado en esta cuestión.

(18) Agradecemos a un evaluador anónimo habernos llamado la atención sobre esta cuestión.

- ARIÑO ORTÍZ, G. y SASTRE BECEIRO, M. (2000): «Los Mercados de Aguas como Forma de Gestión», *II Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. Oporto.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. y REINSEL, G. C. (1994): *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, third edition, Prentice Hall.
- CABEZAS, F. (1995): «Balance recursos-demandas en la Cuenca del Segura. Diagnóstico de problemas hidrológicos». En F. Cabezas y Senent, M. (1995): *Agua y futuro en la Región de Murcia*, Asamblea Regional de Murcia, Murcia: pp. 393-405.
- CEPAS LÓPEZ, S. y DIOS PALOMARES, R. (1999): «Análisis de la función de producción agraria para distintos niveles de agregación», *Estudios de Economía Aplicada*, 12: pp. 17-33.
- CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA REGIÓN DE MURCIA (1996): «Recursos hídricos y su importancia en el desarrollo de la Región de Murcia». *CES, colección Estudios*, 1, Murcia.
- EHEVARRÍA, C. (1998): «A Three Factor Agricultural Production Function: The Case of Canada». *International Economic Journal*, Autumn 1998: pp. 63-75.
- EMBED IRUJO, A. (2000): «Una nueva forma de asignación de recursos: el mercado del agua». VIª Conferencia Internacional del Seminario Permanente de Ciencia y Tecnología del Agua, *Economía del Agua: hacia una mejor gestión de los recursos hídricos*, Iberdrola, Valencia.
- FUNDACIÓN BBV (1999): *Renta nacional de España y su distribución provincial. Serie homogénea*. Fundación BBV. Bilbao.
- GARRIDO COLMENERO, A. (1999): «El mercado del agua. Una visión desde la perspectiva económica», *Revista Mensual de Gestión Ambiental*, 7: pp. 31-41.
- GRILICHES, Z. (1964): «Research Expenditures, Education, and the Aggregate Agricultural Production Function», *The American Economic Review*, 54: pp. 961-974.
- HAYAMI, Y. y RUTTAN, V. W. (1971): *Agricultural Development*. Baltimore: The Johns Hopkins Press.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (varios años): *Contabilidad Regional de España*. Madrid.
- MAIETTA, O. W. (1997): «The quality of natural resources and the measurement of efficiency for the agricultural production in the Italian provinces». *Discussion Paper*, 21, Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Economia Politica.
- MARTÍNEZ GALLUR, C.; TOBARRA, P.; CASTRO, J. P. y PARDO, F. J. (1995): «Análisis económico del agua, principalmente subterránea, para uso agrícola», en F. Cabezas y Senent, M. (1995): *Agua y futuro en la Región de Murcia*, Asamblea Regional de Murcia, Murcia: pp. 343-364.
- MAS, M.; PÉREZ, F. y URIEL, E. (1998): *El «Stock» de Capital en España y su Distribución Territorial*, Fundación BBV, Bilbao. 3ª edición. Se puede acceder a la consulta de la base de datos a partir de <http://www.ivie.es/banco/stock.php>
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (varios años): *Evolución de las Macromagnitudes Agrarias Nacionales*, Madrid.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (varios años): *Precios percibidos, pagados y salarios por los agricultores*, Madrid.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (varios años): *Superficies y Producciones Agrícolas*, Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2001): *Plan Hidrológico Nacional*, Madrid.
- MIR, P. (1991): «Aspectos metodológicos y teóricos de la función de producción agraria», *Agricultura y sociedad*, 61: pp. 9-38.
- RAMOS GOROSTIZA, J. L. (2000): «Mercados de agua: principales obstáculos y claves de viabilidad», VIª Conferencia Internacional del Seminario Permanente de Ciencia y Tecnología del Agua, *Economía del Agua: hacia una mejor gestión de los recursos hídricos*, Iberdrola, Valencia.
- RIESGO ÁLVAREZ, L. y GÓMEZ-LIMÓN RODRÍGUEZ, J. A. (2001): «Mercados del agua. Análisis de las opciones elegidas para su aplicación en España», *IV Congreso Nacional de Economía Agraria*, Asociación Española de Economía Agraria, Pamplona.
- SAN JUAN, C. (1987): *Eficacia y rentabilidad de la agricultura española*, Madrid, Ministerio de Agricultura.
- SUMPSI, J. M.; GARRIDO, A.; BLANCO, M.; VARELA, C. e IGLESIAS, E. (1998): *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Mundi-Prensa, Madrid.
- SUN, L. (1999): «The LUC economic core model», Mimeo, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), AUSTRIA; disponible en [http://www.iiasa.ac.at/Admin/INF/OPT/Summer99/the\\_luc\\_economic\\_core\\_model.htm](http://www.iiasa.ac.at/Admin/INF/OPT/Summer99/the_luc_economic_core_model.htm)
- URIEL, E.; MOLTÓ, M. L. y CUCARELLA, V. (2000): *Contabilidad nacional de España*. Series enlazadas 1954-1997, Fundación BBV, Bilbao.
- WHITE, H. (1980): «A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix and a Direct Test for Heteroskedasticity», *Econometrica*, 48: pp. 817-838.

## RESUMEN

### Agua y producción agrícola: un análisis econométrico del caso de Murcia

El objetivo de este trabajo es estudiar econométricamente las relaciones agregadas entre disponibilidades hídricas y producción de regadío, haciendo uso de datos correspondientes a la Región de Murcia. Se cuantifican las elasticidades a corto y largo plazo que relacionan estas variables, se descomponen los efectos de las oscilaciones hídricas entre un impacto sobre la superficie regada y otro de ésta sobre la producción, y se estudian y comparan los efectos diferenciales sobre el VAB y sobre la Producción Final agrícolas. Las estimaciones de los parámetros a largo plazo indican que una elasticidad unitaria del VAB agrícola con respecto a las aportaciones hídricas para regadío –tal como a veces se ha supuesto en el análisis coste-beneficio de nuevas infraestructuras hidráulicas– puede constituir una aproximación aceptable en esta región, aunque apuntan también la existencia de margen para mejorar la eficiencia en la asignación de los recursos hídricos existentes.

**PALABRAS CLAVE:** Función de producción agrícola, regadío, disponibilidades hídricas, eficiencia en la asignación de recursos hídricos.

## SUMMARY

### Water resources and agricultural production: an econometric approach to the case of Murcia

Water availability is subject to large fluctuations in Murcia, which is a major producing region within the Spanish irrigated agriculture. These fluctuations allow us to estimate the short and long run elasticities between aggregate agricultural production and available water resources for irrigated agriculture. As an intermediate step, we estimate the elasticity of agricultural output with respect to available water resources conditional on the area of irrigated land, and the lagged response of this area to persistent shortages of water. We obtain that the long run elasticity of agricultural production with respect to aggregate water availability is close to one in this region (which is the figure sometimes assumed in the cost-benefit analysis of new agricultural infrastructures). Since in the region productivity is very heterogeneous across farms, this result also suggests a rather inefficient allocation of the existing water resources.

**KEYWORDS:** Agricultural production function, irrigated agriculture, water resources allocation.

