

# centrA:

## Fundación Centro de Estudios Andaluces

Documento de Trabajo  
Serie Economía E2003/XX

### Modelo Input-Output de Agua. Análisis de las relaciones intersectoriales de agua en Andalucía

Esther Velázquez Alonso (\*)  
Universidad Pablo de Olavide

#### RESUMEN

En este estudio nos proponemos un doble objetivo. En primer lugar, desarrollamos una metodología de análisis que nos permite estudiar las relaciones estructurales entre la actividad productiva y el consumo de recursos hídricos. Esta metodología consiste en la elaboración de un modelo input-output de consumo sectorial de agua a partir de la combinación del modelo input-output ampliado de Leontief y el modelo que Proops desarrolló para la energía. En segundo lugar, aplicamos la metodología propuesta al caso de Andalucía, región situada en el sur de España y caracterizada por su escasez de agua, pudiendo determinar aquellos sectores que más cantidad de agua consumen, tanto directa como indirectamente, y analizar hasta qué punto este recurso podría llegar a convertirse en un factor limitante para el crecimiento de determinados sectores y, en el peor de los casos, pudiera llegar a estrangular la economía regional. La utilidad del modelo radica en la posibilidad de diferenciar entre el consumo directo e indirecto y de esta manera poder definir con mayor rigurosidad una política económica-ambiental ahorradora del recurso. Así mismo, el modelo permite realizar simulaciones sobre el posible cambio en el consumo de los diferentes sectores ante determinadas medidas ambientales y sus consecuencias sobre la economía regional.

**Palabras clave:** Modelo input-output, consumo de agua.

#### ABSTRACT

The objective of this work is to demonstrate the relationships between productive sectors in an economy and the water consumption generated during productive processes. The methodology used is a input-output water model. We obtain this model combining the Leontief model and the Proops energy model. We studied the andalusian reality, a region of southern Spain characterized by water scarcity, and we examine whether excessive dependence on water resources, which may occur in some productive sectors, might affect not only the conservation and quality of this resource, but also have negative effects upon the solidity of the economy itself. In other words, we tried to detect the sectors which consume the greatest amount of water, direct and indirectly, and we analyse if this factor could limit the economic growth of the region. This model allow us to distinguish between direct and indirect water consumption and this difference can be used as a factor of water conservation policy. In the same way, the model permit us to make simulations in order to determinate the new level of consumption when a rule is applied and its what are consequences on the regional economy.

**Key words:** Input-Output Model, Water consumption.

**JEL classification:** N5, O2, C67

(\*) La autora agradece los comentarios realizados por un evaluador anónimo que han contribuido a mejorar y a completar el trabajo presentado. No obstante, la autora es la única responsable de las afirmaciones contenidas en este estudio y del desarrollo completo del mismo.

## **1. Introducción**

Las relaciones estructurales entre los sectores de una economía han sido estudiadas desde muchas y diferentes perspectivas. Sin embargo, los estudios referidos a la interrelación entre los sectores productivos de una economía y el consumo de recursos naturales han sido menos prolijos. Es importante observar que existe una fuerte relación entre la estructura productiva y los recursos naturales que ésta consume y, sin embargo, la ciencia económica ha dedicado poco tiempo y esfuerzo a analizar con profundidad dichas relaciones. En este trabajo abordamos algunas de estas lagunas y nos centraremos, concretamente, en el estudio de las interrelaciones de la estructura productiva y el consumo de agua.

El objetivo de este estudio es doble. Por una parte, proponemos una metodología de análisis para estudiar las relaciones estructurales entre la actividad productiva y las relaciones físicas con el entorno; ésta consiste en la elaboración de un modelo input-output de consumo sectorial de agua a partir de la combinación del modelo input-output de Leontief ampliado y el modelo que Proops (1988) desarrolló para la energía. Por otra parte, aplicamos la metodología propuesta al análisis en Andalucía para determinar cuáles son las relaciones que se establecen entre la estructura productiva y el consumo de recursos hídricos en la región así como las relaciones que se establecen entre los diferentes sectores en torno a este recurso. En otras palabras, se trata de detectar aquellos sectores que más agua consumen, tanto directa como indirectamente, y analizar hasta qué punto este recurso podría convertirse en un factor limitante para el crecimiento de determinados sectores productivos.

La utilidad del modelo radica en la posibilidad de determinar las relaciones entre los sectores y los recursos hídricos y las interrelaciones sectoriales que se producen con relación a este factor. También permite simular los cambios que se producirían en la estructura productiva ante variaciones en el consumo de agua o las consecuencias que tendrían las variaciones en la demanda y en la producción sectorial sobre los recursos hídricos de la región.

### **1.1. Antecedentes**

Los estudios que relacionan el sistema económico con el sistema natural y el medio ambiente datan de los años sesenta. El pionero en analizar este tipo de relaciones es Isard

(1968) que propone una metodología basada en las tablas input-output en la que se relacionan las variables económicas y ambientales para ofrecer alternativas de política económica.

La mayoría de los trabajos que relacionan factores ambientales y económicos mediante el análisis input-output amplían el modelo de Leontief con nuevas filas y/o columnas para dar cabida a nuevos inputs y/o outputs derivados de la producción. Los tres modelos de referencia son la Tabla de Daly, la Tabla de Victor y la Tabla de Leontief. De una forma sintética, la Tabla de Daly consiste en una matriz “industria por industria” ampliada con varias filas y columnas que representan los diferentes sectores ambientales. La Tabla ampliada de Victor presenta una tabla “mercancía por industria”, en lugar de una “industria por industria”, permitiendo que la matriz no sea cuadrada como tenía que ser la de Daly. También Leontief amplió su tabla en 1970 tratando de explicar que las externalidades pueden ser incorporadas en un modelo input-output convencional y, por otro lado, intentando demostrar que se pueden encontrar soluciones a los problemas que surgen de los efectos no deseados sobre el medio ambiente de la tecnología moderna y del crecimiento económico no controlado. La tabla ampliada de Leontief se caracteriza por representar la generación de contaminantes y su eliminación por el propio sistema. La idea de esta matriz es recoger el hecho de que los contaminantes forman parte del proceso de producción como un input más y por esto aparecen en filas. Dos años más tarde, Leontief junto a Ford (1972) analizan la contaminación directa e indirecta derivada de la actividad económica por medio de los coeficientes de arrastre del modelo convencional. En este mismo año, Stone (1972), basándose en el ejemplo numérico propuesto por Leontief, introduce explícitamente en el modelo al consumidor, lo que le permite discutir las consecuencias de diferentes métodos de eliminar la contaminación.

Hudson y Jorgeson (1974) proponen una nueva metodología basada en la integración de un modelo econométrico y el análisis input-output para evaluar el impacto de la política económica sobre la demanda y la oferta de energía. El modelo consiste en un modelo de producción para nueve sectores industriales, un modelo de demanda y un modelo de crecimiento. El modelo se utiliza, en primer lugar, para proyectar la actividad económica y la utilización de energía para el periodo (1975-2000) bajo el supuesto que no cambia la política energética; y en segundo lugar, para diseñar una política de impuestos que incentive el ahorro de energía y reducir así la dependencia de la energía importada.

Ya en la década de los ochenta, Forsund (1985) realiza un análisis centrado en el estudio de la contaminación atmosférica mediante un modelo input-output ampliado. Proops en 1988 elabora a partir del modelo input-output ampliado una serie de indicadores sobre consumo directo e indirecto de energía (será éste el que nos sirva de guía para desarrollar nuestros indicadores sobre consumo de agua). Años más tarde, en 1993, Proops junto a Faber y Wagenhals realizan un estudio comparado entre Alemania y el Reino Unido en el que analizan estos indicadores aplicados a la contaminación atmosférica.

Algo más tarde, en 1995, Hawdon y Pearson muestran cómo un número complejo de interrelaciones entre energía, medioambiente y economía se pueden analizar mediante un modelo input-output, aplicándolo a diez sectores productivos del Reino Unido, y recorriéndose en el mismo una amplia revisión bibliográfica sobre estos temas.

En España, es Pajuelo el que por primera vez en 1980 utiliza un modelo input-output ampliado para estudiar la contaminación atmosférica. Una aportación importante es el trabajo realizado por Alcántara y Roca (1995) en el que estudian las elasticidades de demanda y de valor añadido en relación al CO<sub>2</sub>. Con relación a la contaminación atmosférica, hay que destacar también los trabajos realizados por Morillas, Melchor y Castro (1996) en el que llevan a cabo un estudio dinámico sobre la influencia de la estructura de la demanda en el crecimiento y el medio ambiente de Andalucía.

La elaboración de las tablas input-output medioambientales llevadas a cabo por la Agencia de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía para 1990 fueron las primeras que se realizaron en España. En éstas se recogían datos, expresados en unidades físicas, tanto de los inputs ambientales utilizados por los sectores productivos como de los contaminantes generados por los mismos. Unas tablas similares se realizaron en Valencia por Almenar, Bono y García en 1998.

Centrándonos ya en el estudio del agua mediante las tablas input-output, lo primero que hay que señalar es que este recurso ha sido poco estudiado desde el punto de vista económico y, menos aún con el instrumental proporcionado por el modelo input-output, aunque los primeros estudios en los que se integran las necesidades de agua con variables económicas datan de los años cincuenta. Sin embargo, estos modelos se abandonaron debido a la dificultad para operar con ellos y a los problemas metodológicos para introducir estas variables en un modelo input-output.

El primer trabajo que consigue vencer estas dificultades fue el Lofting y McGauhey (1968) en el que consideran las necesidades de agua como input en un modelo tradicional input-output, actualizan los datos del modelo para el caso de California y aplican un programa de optimización lineal para identificar la senda temporal de los precios sombra del agua de 24 sectores productivos. El objetivo de estos autores es evaluar las necesidades de agua del sistema productivo californiano.

En España, el primer estudio realizado aplicando la metodología input-output al agua es el realizado por Sánchez-Chóliz, Bielsa y Arrojo en 1992 en el que calculan los denominados valores agua para Aragón. Utilizando la misma metodología, en 1994, Sánchez-Chóliz, Bielsa y Duarte calculan los valores contaminación para la misma zona. Hay que destacar el trabajo de Sáenz de Miera (1998) en el que se plantea el modelo de precios y cantidades del modelo input-output convencional para estudiar el consumo de agua en Andalucía. También Bielsa (1998) estudia el consumo de agua mediante el modelo input-output y, en la aproximación que hace a la participación del agua en el entramado productivo por medio de las Tablas Input-Output, plantea los valores-agua y los valores-contaminación como una extensión del valor trabajo, o más genéricamente, los que se denominan en la literatura los *K-valores*. El trabajo de Duarte (1999) analiza la relación entre la contaminación hídrica y la estructura productiva en el Valle del Ebro mediante este modelo.

## **1.2. Estructura del trabajo**

Este estudio se divide en cuatro apartados. Tras este primero de introducción, el segundo punto desarrolla el modelo input-output de consumo sectorial de agua, donde además del propio modelo, se elaboran una serie de indicadores de consumo sectorial de agua en Andalucía con idea de analizar el consumo que los diferentes sectores realizan del recurso, tanto de forma directa como indirecta. El modelo nos permite definir una Matriz de Intercambios de agua y a partir de ella y de los indicadores obtenidos definimos las matrices de coeficientes técnicos y de distribución, expresadas en términos de agua.

En el tercer punto se presentan los principales resultados obtenidos y el posterior análisis realizado con los mismos, para terminar con un cuarto punto en el que se intentan plasmar las conclusiones básicas del estudio.

## 2. El modelo input-output de consumo sectorial de agua y la Matriz de Intercambios de agua

En este apartado elaboramos el modelo input-output de consumo sectorial de agua. Para ello, en primer lugar, creemos necesario apuntar las principales ecuaciones que definen el *modelo input-output de producción* para elaborar a partir de éste el *modelo input-output de consumo de agua*.

### 2.1. Una primera aproximación: el modelo input-output de producción

La ecuación que resume el modelo de Leontief determina que la producción de una economía depende de las relaciones intersectoriales y de la demanda final. Para un sector  $i$ , el sistema de ecuaciones que recoge estas relaciones se puede resumir como:

$$(1) \quad x_i = \sum_{j=1}^{j=n} x_{ij} + y_i$$

Podemos escribir esta expresión en función de los coeficientes técnicos de producción ( $a_{ij}$ ), definidos como las compras que el sector  $j$  realiza al sector  $i$  por unidad de producción efectiva total del sector  $j$ , y que no son más que las necesidades directas de inputs que tiene dicho sector  $j$ :

$$(2) \quad x_i = \sum_{j=1}^{j=n} a_{ij} x_j + y_i$$

En forma matricial y para toda la economía quedaría:

$$(3) \quad x = Ax + y$$

Resolviendo esta ecuación para  $x$ , obtenemos la producción en función de la demanda final:

$$(4) \quad x = (I - A)^{-1} y$$

donde  $(I - A)^{-1}$  es la matriz conocida como Inversa de Leontief que pone de manifiesto la producción *total* que ha de generar cada sector para satisfacer la demanda final del sistema. Es importante aclarar algo más esta expresión y su significado porque es la base del modelo de agua que posteriormente se desarrolla. La obtención de la producción del sector  $i$  se puede recoger en la siguiente expresión:

$$(5) \quad x_i = \alpha_{i1}y_1 + \alpha_{i2}y_2 + \dots + \alpha_{in}y_n = \sum_{j=1}^{j=n} \alpha_{ij}y_j$$

siendo  $\alpha_{ij}$  el elemento genérico de la matriz  $(I - A)^{-1}$  que recoge el incremento de producción generado por el sector  $i$  si la demanda del sector  $j$  aumenta en una unidad. En otras palabras, los coeficientes  $\alpha_{ij}$  representan la cantidad de producción que ha de generar un sector  $i$  si la demanda final de otro sector  $j$  aumenta en una unidad. Por tanto, la suma por columnas de la inversa de Leontief expresa las necesidades directas e indirectas de un sector para obtener su demanda final. Las palabras de Manresa, Sancho y Vegara (1998) resumen de forma clara la importancia de este hecho: al sustituir el vector de producción  $x$  por su expresión en el modelo de Leontief, estamos incorporando la matriz  $(I - A)^{-1}$  cuyos coeficientes “expresan las necesidades *totales* de los sectores, tanto en forma de inputs directos como de inputs indirectos; en contraposición a la información contenida en la matriz  $A$  que describe exclusivamente las necesidades específicas *directas* de los sectores productivos”<sup>1</sup>.

## 2.2. El modelo input-output de consumo de agua

Hasta aquí hemos resumido el modelo input-output de Leontief y pasamos a continuación a elaborar el modelo en términos de consumo<sup>2</sup> y demanda de agua. Para ello, definamos previamente las variables del modelo:

$w_d$ : vector de consumo directo de agua de orden  $(n \times 1)$ .

$w_{di}$ : consumo directo de agua del sector  $i$ , expresado en metros cúbicos.

$w_t$ : vector de consumo total de agua de orden  $(n \times 1)$ .

$w_{ti}$ : consumo total de agua del sector  $i$ , expresado en metros cúbicos.

$W$ : Matriz de Intercambios de Agua de orden  $n$ .

$w_{ij}$ : elemento de  $W$  que determina el consumo directo de agua realizado por el sector  $i$  para proporcionar inputs al sector  $j$

$Q$ : Matriz de coeficientes técnicos de agua de orden  $n$ .

---

<sup>1</sup> La cursiva no estaba en el original.

<sup>2</sup> Al hablar de *consumo* de agua nos referimos al uso realizado por cada sector menos los retornos.

$q_{ij}$ : elemento de  $Q$  que se define como coeficiente técnico de consumo de agua y expresa las “compras” que el sector  $j$  hace al  $i$ , con relación a las compras totales del sector  $j$ , en términos de agua.

$(I - Q)^{-1}$ : Matriz inversa de Leontief en términos de agua de orden  $n$ .

$\beta_{ij}$ : elemento de  $(I - Q)^{-1}$  que se define como la cantidad adicional de agua que consumirá el sector  $i$  ante un incremento unitario de la demanda de agua del sector  $j$ .

$L$ : Matriz de coeficientes de distribución de agua de orden  $n$ .

$l_{ij}$ : elemento de  $L$  que se define como coeficiente de distribución de consumo de agua y expresa las “ventas” que el sector  $i$  hace al  $j$ , con relación a las ventas totales del sector  $i$ , en términos de agua.

$W_d^y$ : Matriz de consumo directo de agua según destinos de orden  $(n \times 6)$ .

$w_{di}^y$ : elemento de  $W_d^y$  que expresa el consumo directo de agua realizado por el sector  $i$  para abastecer su propia demanda ( $y_i$ ).

$w_d^*$ : indicador de consumo directo de agua por unidad producida de orden  $(n \times 1)$  que se define como el consumo directo realizado por unidad de producción.

$w_{di}^*$ : indicador de consumo directo de agua por unidad producida del sector  $i$  expresado en metros cúbicos por peseta.

$w^*$ : indicador de consumo total de agua de orden  $(n \times 1)$  definido como la variación experimentada por el consumo total de agua de la economía ante una variación unitaria de la demanda de algún sector.

$w_i^*$ : indicador de consumo total de agua del sector  $i$ , expresado en metros cúbicos.

$mca$ : vector de multiplicadores del consumo de agua de orden  $(n \times 1)$ .

$cia$ : vector de consumo indirecto de agua de orden  $(n \times 1)$ .

Podemos expresar la ecuación (1), que define el modelo de Leontief en términos de producción, en variables de consumo de agua según las que acabamos de precisar, de tal manera que el consumo directo de agua del sector  $i$  depende de las relaciones intersectoriales de dicho sector con el resto de sectores de la economía y del consumo de agua que realiza el sector  $i$  para abastecer su propia demanda:

$$(6) \quad w_{di} = \sum_{j=1}^{j=n} w_{ij} + w_{di}^y$$

Podemos definir, al igual que en el modelo de producción de Leontief, unos coeficientes técnicos de consumo de agua ( $q_{ij}$ )<sup>3</sup> definidos como el consumo de agua realizado por el sector  $j$  para proporcionar inputs a  $i$ , con relación al consumo directo total de agua del sector  $j$ :

$$(7) \quad q_{ij} = \frac{w_{ij}}{w_{dj}}$$

Teniendo en cuenta estos coeficientes, la ecuación (6) quedaría como sigue:

$$(8) \quad w_{di} = \sum_{j=1}^{j=n} q_{ij} w_{dj} + w_{di}^y$$

y en términos matriciales:

$$(9) \quad w_d = Qw_d + w_d^y$$

donde  $Q$ , por analogía con el modelo clásico de Leontief, es la matriz de coeficientes técnicos de consumo de agua, cuadrada de orden  $n$  y de elementos  $q_{ij}$ . Resolviendo esta ecuación obtenemos la expresión que define el modelo de consumo de agua:

$$(10) \quad w'_t = u'(I - Q)^{-1} \hat{w}_d^y$$

en la que  $(I - Q)^{-1}$  no es sino la Inversa de Leontief en términos de agua,  $u$  es un vector columna unitario, el signo ( $\hat{\phantom{x}}$ ) indica la diagonalización del vector y el signo ( $\overset{\circ}{\phantom{x}}$ ) hace referencia a la transposición del mismo. La matriz  $(I - Q)^{-1}$ , de forma análoga a la matriz inversa en el modelo de producción, determina la variación que experimenta el consumo de agua ante variaciones unitarias en la demanda de agua y sus elementos, que llamamos  $\beta_{ij}$ <sup>4</sup>, indican la cantidad adicional de agua que consumirá el sector  $i$  ante un incremento unitario de la demanda de agua del sector  $j$ . Tal como se vio en el modelo de producción, al incorporar la matriz inversa de Leontief en términos de agua,  $(I - Q)^{-1}$ , estamos considerando las necesidades directas e indirectas de agua, esto es, las necesidades totales de consumo de agua de un sector para cubrir un incremento unitario en la demanda, en contraposición a la matriz  $Q$  que refleja sólo las necesidades directas de agua. Por ello

---

<sup>3</sup> Los coeficientes  $q_{ij}$  son equivalentes a los coeficientes técnicos del modelo de Leontief ( $a_{ij}$ ).

<sup>4</sup> Nótese que estos coeficientes son análogos a los de la inversa de Leontief ( $\alpha_{ij}$ ).

hemos pasado de un vector de consumo directo de agua ( $w_d$ ) en la ecuación (9) a otro de consumo total de agua ( $w_t$ ) en (10).

### 2.3. Indicadores de consumo de agua

Es interesante dar un paso más allá del propio modelo input-output de consumo sectorial de agua. Éste está definido, como se acaba de decir, para el consumo *total* de agua e interesa diferenciar el consumo *directo* del consumo *indirecto* para, a través del modelo y de estos nuevos conceptos, poder elaborar la Matriz de Intercambios de agua y analizar así el consumo haciendo especial referencia a esta diferencia. El consumo total de agua (del que se ha hablado hasta ahora) es, lógicamente, la suma del consumo directo más el indirecto, siendo el primero de ellos el consumo de agua que realiza un sector  $i$  para abastecer su propia demanda; y el consumo indirecto del sector  $i$  es el consumo de agua que ha realizado otro sector  $j$  para generar los inputs demandados por  $i$  para satisfacer su propia demanda (la demanda del sector  $i$ ). Es decir, es la cantidad de agua que llevan incorporada los inputs (producidos por otro sector  $j$ ) que el sector  $i$  utiliza para cubrir su demanda.

Con este objetivo, tratamos de definir un indicador de consumo directo de agua por unidad producida, otro de consumo total de agua y uno más de consumo indirecto de agua por unidad producida para más tarde, en el subapartado siguiente, determinar la matriz de agua en función de estos indicadores.

A partir de los datos de consumo sectorial de agua facilitados por la *Tablas input-Output Medioambientales de Andalucía* (TIOMA), elaboradas por la Agencia de Medio Ambiente (1996), que expresan la cantidad de agua consumida de forma directa por cada sector, en metros cúbicos, tenemos el vector columna de consumo directo de agua ( $w_d$ ). Conocemos también la producción efectiva generada por cada sector recogida en un vector columna ( $x$ ), expresada en unidades monetarias y ofrecida por las *Tablas Input-Output de Andalucía* (TIOAN), realizadas por el Instituto de Estadística de Andalucía (1995). A partir de estos datos podemos calcular un indicador de consumo directo total por unidad producida ( $w_d^*$ ) que se define como el consumo directo de agua de cada sector por unidad monetaria producida y se expresa como un vector columna, donde cada elemento se define como:

$$(11) \quad w_{di}^* = \frac{w_{di}}{x_i}$$

y de forma matricial queda:

$$(12) \quad w_d^{*'} = w_d' \hat{x}^{-1}$$

Una vez obtenido el indicador de consumo directo de agua por unidad producida de cada sector ( $w_d^*$ ) podemos expresar a partir de (12) el consumo *total* de agua de la economía<sup>5</sup> ( $w$ ) como el indicador de agua consumida de forma directa multiplicado por la cantidad generada por cada sector, que de forma matricial quedaría:

$$(13) \quad w_d^{*'} x = w$$

Podemos expresar el vector de producción ( $x$ ) en su forma del modelo abierto de Leontief según (4), y la expresión (13) queda:

$$(14) \quad w = w_d^{*'} (I - A)^{-1} y$$

que refleja el consumo total de agua ( $w$ ) de la economía en función de la demanda de la misma. La expresión  $w_d^{*'} (I - A)^{-1}$  es un vector fila en el que cada elemento determina el consumo *total* de agua (es decir, consumo directo e indirecto) que la economía en su conjunto tendría que realizar ante una variación unitaria de la demanda de algún sector, y que denominamos indicador de consumo total de agua ( $w^*$ ):

$$(15) \quad w^{*'} = w_d^{*'} (I - A)^{-1}$$

Consideramos esta expresión como una forma de medir el consumo total de agua, también conocido como el *contenido en agua* (*k-content*), siguiendo a Manresa, Sancho y Vegara (1998). A partir de este indicador, podemos llegar a la expresión (16) que nos muestra el consumo total del recurso<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> No hay que confundir el consumo *total* expresado sectorialmente ( $w_t$ ) con el consumo *total* de toda la economía ( $w$ ). El primero es un vector columna, donde cada elemento hace referencia al consumo total de agua de cada sector productivo; y el segundo es un escalar definido como la suma por filas de aquel vector columna. Esto es,  $w = \sum_{i=1}^{i=n} w_{ti}$

<sup>6</sup> Este resultado se puede demostrar adaptando el desarrollo que Proops (1988, 203-206) realiza para la energía a los recursos hídricos. En efecto, el consumo total de agua de una economía ( $w$ ) se puede imputar a la producción total ( $x$ ) o a la demanda final ( $y$ ). De esta manera, tendríamos dos

$$(16) \quad w = w_d^{*'} (I - A)^{-1} y$$

Una vez definidos los indicadores de consumo directo y de consumo total, es interesante definir un indicador de consumo indirecto por unidad producida. Para ello, volvamos al modelo input-output en términos de agua. A partir de la ecuación (10) se definían los elementos  $\beta_{ij}$  de la matriz inversa de Leontief en términos de agua como aquellos que indican la cantidad adicional de agua que consumirá un sector  $i$  ante un incremento unitario de la demanda de agua del sector  $j$ . De esta manera, al igual que en el modelo clásico de Leontief, la suma por filas de dicha matriz pone de manifiesto la cantidad adicional consumida por el conjunto de la economía cuando el sector  $j$  aumenta su demanda de agua en una unidad.

Lo que en el modelo de Leontief se denominaba *efecto arrastre*, porque indicaba cómo la evolución de un determinado sector podría “arrastrar” a toda la producción económica, y se resaltaban aquellos sectores con mayor efecto arrastre, ahora se podría denominar multiplicador del consumo de agua (*mca*), con carácter negativo cuanto mayor sea, pues muestra cómo se multiplica el consumo de agua total ante aumentos unitarios en la demanda de un determinado sector.

Proops demuestra que este *mca* se puede obtener como cociente entre los dos indicadores de consumo obtenidos anteriormente, el indicador de consumo total ( $w^*$ ) y el indicador de consumo directo por unidad producida ( $w_d^*$ ), de tal manera que dicho multiplicador proporciona una idea de la cantidad total de agua consumida por el sector  $i$ , por cada metro cúbico consumido directamente<sup>7</sup>.

$$(17) \quad mca_i = \frac{w_i^*}{w_{di}^*}$$

---

ecuaciones: (A)  $w = w_d^{*'} x$ ; (B)  $w = w^{*'} y$ . Sustituyendo la ecuación (4) en (A) demostramos que la expresión que hemos definido anteriormente como indicador de consumo total de agua coincide, efectivamente, con el consumo total del recurso.

<sup>7</sup> La demostración analítica de que el *mca* se define como cociente de los dos indicadores de agua y que coincide con la suma por columnas de los coeficientes de la matriz inversa de Leontief en términos de agua se puede seguir en Proops (1988), Apéndice 1, p.213.

De esta forma, la interpretación del multiplicador del consumo de agua es la misma que la que se puede extraer de la suma por columnas de los coeficientes de la inversa de Leontief en términos de agua.

Si el *mca* proporciona una medida de la cantidad total de agua consumida por cada unidad producida con relación a la cantidad de agua consumida de forma directa por unidad producida, se puede obtener un indicador del consumo indirecto de agua (*cia*) por unidad monetaria producida sin más que deducir la unidad a dicho multiplicador:

$$(18) \quad cia_i = mca_i - 1 = \frac{w_i^*}{w_{di}^*} - 1$$

Este nuevo indicador expresa la cantidad de agua utilizada de forma indirecta por un determinado sector, por cada unidad de agua utilizada de forma directa, para satisfacer la demanda de dicho sector.

#### 2.4. Matriz de Intercambios de Agua y matrices asociadas

Una vez definido el modelo input-output de agua y los indicadores de consumo, se puede determinar una Matriz de Intercambios de Agua en función de los mismos. Hemos definido ( $w_{di}^y$ ) como el consumo directo de agua realizado por el sector *i* para abastecer a su propia demanda. Por ello, por propia definición, ( $w_d^y$ ) se puede obtener como:

$$(19) \quad w_d^y = \hat{w}_d^* y$$

Sustituyendo esta expresión en la ecuación (10) y diagonalizando el vector (*y*) tendríamos:

$$(20) \quad W = (I - Q)^{-1} \hat{w}_d^* \hat{y}$$

donde *W* que, anteriormente, se definió como el vector de consumo total de agua que realiza la economía ( $w_t$ ), ahora queda transformado en la Matriz de Intercambios de Agua (tabla 3), de orden *n*, en la que se recogen todas las transacciones de agua entre sectores productivos, expresadas en metros cúbicos.

Una vez obtenida la matriz es interesante profundizar, mediante el análisis input-output, en las relaciones intersectoriales de agua ya que ésta es una de las mayores potencialidades del modelo. Esta tarea la realizamos mediante el análisis detallado de las matrices de coeficientes técnicos y de distribución que permiten determinar las relaciones intersectoriales *directas*. Aunque esto supone una aportación de interés presenta, sin

embargo, la limitación de considerar únicamente las relaciones directas y no analiza las indirectas. En este trabajo recurrimos al indicador de consumo indirecto obtenido con anterioridad para estudiar este tipo de relaciones aunque también hay otras potentes herramientas para hacerlo<sup>8</sup>.

A partir de la Matriz de Intercambios se pueden obtener dos matrices más: la matriz de coeficientes técnicos de agua (tabla 4) y la matriz de coeficientes de distribución de agua (tabla 5). Los coeficientes técnicos de consumo de agua ( $q_{ij}$ ) se definieron en la ecuación (7) como la cantidad de agua consumida de forma directa por un sector  $j$  para generar productos para otro sector  $i$ , con relación al consumo directo total de agua de  $j$ . De tal manera que la matriz de coeficientes técnicos, leída por columnas, indica la cantidad de agua que cada sector le compra al sector  $j$ . Estos coeficientes se pueden expresar también en función del indicador de consumo directo definido página atrás:

$$(21) \quad q_{ij} = \frac{w_{ij}}{w_{dj}} = \frac{w_{di}^*}{w_{dj}^*} a_{ij}$$

En efecto, sustituyendo la ecuación (11) y la expresión que define los coeficientes técnicos de producción como el cociente entre las relaciones entre los sectores  $ij$ , con relación a la producción de  $j$ , en esta última expresión (21):

$$(22) \quad q_{ij} = \frac{\cancel{w_{di}}/x_i}{\cancel{w_{dj}}/x_j} \frac{x_{ij}}{x_j}$$

operando y por propia definición de  $w_{ij}$  y  $w_{dj}$ :

$$(23) \quad q_{ij} = \frac{w_{di} x_{ij}}{w_{dj} x_i} = \frac{w_{ij}}{w_{dj}}$$

Por otro lado, los coeficientes de distribución de agua ( $l_{ij}$ ) recogen el consumo directo de agua de un sector  $j$  para generar productos para otro sector  $i$ , en relación al consumo directo total de agua de  $i$ :

---

<sup>8</sup> La Teoría de Grafos permite estudiar con profundidad tanto las relaciones directas de consumo como las indirectas. El lector interesado se puede poner en contacto con la autora de este trabajo en la dirección de correo electrónico [evelalo@dee.upo.es](mailto:evelalo@dee.upo.es)

$$(24) \quad l_{ij} = \frac{w_{ij}}{w_{di}}$$

De esta manera, la matriz de coeficientes de distribución, leída por filas, da una referencia sobre la cantidad de agua vendida por el sector  $i$  al resto de sectores. Con un desarrollo analítico análogo al anterior, se podría obtener la matriz de coeficientes de distribución,  $L$ , de elementos  $l_{ij}$  definidos en términos de los indicadores anteriores de la siguiente manera:

$$(25) \quad l_{ij} = \frac{w_{di}^*}{w_{dj}^*} d_{ij}$$

siendo  $d_{ij}$  los coeficientes de distribución de la matriz de coeficientes de distribución del modelo de Leontief en términos de producción.

### 3. Resultados derivados del modelo

Una vez obtenido el modelo input-output de consumo de agua, los indicadores que de él se pueden derivar, la matriz de intercambios de agua y las matrices asociadas, pasamos a continuación a exponer de forma breve los resultados obtenidos y el análisis pertinente.

En la tabla 1 se recoge el consumo directo de agua ( $w_d$ ), el indicador de consumo directo de agua por unidad producida ( $w_d^*$ ) y el indicador de consumo total de agua ( $w^*$ ). A la luz de los datos obtenidos, se aprecia que los sectores agrarios consumen mucha más cantidad de agua de forma directa que los sectores industriales y de servicios, ya que el consumo de los primeros está por encima de los 100 millones de  $m^3$ , mientras que el de los segundo se sitúa muy por debajo de esta cifra. Este hecho constata algo conocido cual es que la agricultura en Andalucía es la mayor consumidora de recursos hídricos, ascendiendo la cifra al 80% de los recursos consumidos en la región.

Sin embargo hay tres importantes observaciones que realizar al comparar el consumo directo con el indicador de consumo directo por unidad producida. En primer lugar, cambia bastante la situación de los sectores agrarios ya que hay sectores que aparentemente consumen grandes cantidades de agua (según las cifras de su consumo directo), como pueden ser las hortalizas y frutas (2), pero al relacionar este consumo con la cantidad producida, observamos que el consumo por unidad no es tan alto como se podía pensar en un principio. En efecto, las hortalizas y frutas (2) consumen el 26% de los recursos hídricos

totales y su consumo por unidad producida no llega al 10%, debido a su alta producción. Por el contrario, hay sectores cuyo consumo directo es menor, pero también producen menos, de tal manera que el consumo por unidad es mayor, como ocurre con el sector de agrrios (3).

En segundo lugar, las relaciones de los sectores industriales y de servicios, cuyo consumo por unidad producida es menor, se mantienen. Esto es, son los sectores de la industria química (11), del papel (18) y los servicios de restauración y hostelería (22) los que presentan un mayor consumo directo y también un mayor consumo por unidad producida, poniendo estas cifras de manifiesto el alto consumo de agua realizado con relación a sus correspondientes producciones.

Hay que resaltar también, en tercer lugar, las cifras de los sectores agroalimentario (14) y textil y confección (15) que presentan un bajo consumo *directo* por unidad producida. Considerando solamente este indicador, serían sectores que pasarían desapercibidos a cualquier política de agua y, sin embargo, son sectores con un alto nivel consuntivo del recurso, como veremos más adelante.

Es interesante comparar el indicador de consumo directo por unidad producida con el indicador de consumo total obtenido. Los sectores agrarios son los que más agua consumen, tanto analizando uno como otro indicador, pero casi todo el consumo que realizan es directo. Por el contrario, hay otros sectores como el de industria agroalimentaria (14), restauración y hostelería (22), papel (18) y textil (15), entre otros, que consumen poca cantidad de agua de forma directa, pero su indicador de consumo total es muy elevado, intuyéndose un alto consumo indirecto del recurso, como constataremos a continuación. Es decir, en su producción utilizan poca cantidad de agua de forma directa pero, para producir los inputs (generados por otros sectores) que incorporan a su proceso productivo, sí ha sido necesario un alto consumo de agua.

*Tabla 1. Consumo directo de agua ( $w_d$ ) (miles de  $m^3$ ), Indicador de consumo directo de agua por unidad monetaria producida ( $w_d^*$ ) e Indicador de consumo total ( $w^*$ ) ( $m^3$ /millón de pesetas).*

<b>SECTORES</b>	<b><math>w_d</math></b>	<b><math>w_d^*</math></b>	<b><math>w^*</math></b>
1 Cereales y leguminosa	882.700	11.017	11.526
2 Hortalizas y frutas	905.700	4.107	4.166
3 Agrios	321.000	18.807	18.849
4 Plantas industriales	183.000	1.549	1.671
5 Olivar	464.800	5.487	5.520
6 Otras producciones agrarias (*)	278.839	879	1.548
7 Industria extractiva	16.415	21	37
8 Agua	0	0	24
9 Metalurgia	25.277	90	111
10 Materiales construcción	5.708	27	55
11 Industria química, plásticos	41.398	144	189
12 Maquinaria	733	4	23
13 Material de transporte	2.532	10	30
14 Industria agroalimentaria	30.097	30	1.124
15 Textil y confección	4.598	25	318
16 Cuero y calzado	266	16	41
17 Industria de la madera	2.932	21	54
18 Papel, artes gráficas y edición	23.800	230	347
19 Otras manufacturas	1.133	14	32
20 Construcción	17.392	14	44
21 Comercio	17.103	17	33
22 Restaurante y hostelería	71.145	105	479
23 Transporte y comunicaciones	11.595	19	35
24 Servicios destinados a venta	33.150	22	40
25 Servicios no destinados a venta	23.348	24	45

Fuente: Elaboración propia, a partir de TIOMA y TIO.

(\*) En *Otras producciones agrarias* está incluido el sector de la ganadería.

En efecto, analizando las cifras del multiplicador de consumo de agua y del indicador de consumo indirecto (tabla 2) se puede afirmar que realizando únicamente una gestión en función del consumo directo de agua no se observarían sectores como la industria agroalimentaria (14) y la industria textil y confección (15), cuyo consumo directo es insignificante y, sin embargo, realizan un alto consumo indirecto, en el que no se repara ya que queda diluido frente a las altas cifras de consumo directo de otros sectores. Se observa como la industria agroalimentaria (14), por cada metro cúbico de agua que consume de forma directa, consume indirectamente 36,19  $m^3$ ; y la industria textil (15), por cada metro cúbico consumido directamente, consume 11,98 de forma indirecta. También es significativo el consumo realizado por el sector de la hostelería y la restauración (22) que,

aunque con un consumo indirecto menor que los sectores anteriores, alcanza un valor cercano a 4 metros cúbicos por cada uno consumido de forma directa.

*Tabla 2. Multiplicador de consumo de agua (mca) e Indicador de consumo indirecto de agua (cia).*

	<b>SECTORES</b>	<b>mca</b>	<b>cia</b>
1	Cereales y leguminosa	1,05	0,05
2	Hortalizas y frutas	1,01	0,01
3	Agrios	1,00	0,00
4	Plantas industriales	1,08	0,08
5	Olivar	1,01	0,01
6	Otras producciones agrarias	1,76	0,76
7	Industria extractiva	1,75	0,75
8	Agua	0,00	0,00
9	Metalurgia	1,23	0,23
10	Materiales construcción	1,97	0,97
11	Industria química, plásticos	1,31	0,31
12	Maquinaria	5,63	4,63
13	Material de transporte	3,09	2,09
14	Industria agroalimentaria	37,19	36,19
15	Textil y confección	12,98	11,98
16	Cuero y calzado	2,54	1,54
17	Industria de la madera	2,51	1,51
18	Papel, artes gráficas y edición	1,50	0,50
19	Otras manufacturas	2,36	1,36
20	Construcción	3,05	2,05
21	Comercio	1,98	0,98
22	Restaurante y hostelería	4,55	3,55
23	Transporte y comunicaciones	1,88	0,88
24	Servicios destinados a venta	1,80	0,80
25	Servicios no destinados a venta	1,86	0,86

Fuente: Elaboración propia, a partir de TIOMA y TIO.

Estos resultados llaman la atención desde el momento en que los sectores que destacan por sus altos valores de consumo indirecto son los que normalmente se les conoce como los “motores” de la economía andaluza debido al fuerte empuje que suponen sus respectivas demandas para la producción del resto de los sectores. Esto es, son sectores que con su demanda de productos potencian la producción que otros sectores han de generar para abastecerlos. Este hecho ha supuesto el fomento de estos sectores por parte de la política económica. No obstante, una política más amplia que tuviera en consideración no únicamente criterios productivos sino también factores ambientales como éste, mantendría una postura más cauta al potenciarlos, ya que esto podría poner en peligro la conservación de los recursos hídricos de la región e incluso podría llegar a estrangular la propia actividad productiva andaluza.

La Matriz de Intercambios de agua (tabla 3) puede interpretarse bien leyéndola por filas o bien por columnas. Al leer la columna  $j$  observamos las “compras”<sup>9</sup> que el sector  $j$  realiza al resto de sectores  $i$ , de tal forma que la suma por filas de esta matriz nos ofrece una idea de las necesidades totales de agua de dicho sector  $j$ . Por el contrario, la interpretación por filas de la matriz se interpreta como las “ventas”<sup>10</sup> de agua que un sector  $i$  realiza al resto de sectores  $j$ ; siendo la suma por columnas las ventas totales de agua que realiza un sector  $i$ .

De esta matriz se derivan otras dos, la matriz de coeficientes técnicos de producción (tabla 4) y la matriz de coeficientes de distribución (tabla 5). Haciendo un análisis conjunto de estas dos matrices, lo primero que llama la atención es que la mayoría de los coeficientes, tanto técnicos como de distribución, son muy bajos<sup>11</sup>, poniéndose de manifiesto que la mayoría de las transacciones de agua entre sectores son despreciables, concentrándose las mismas sólo en unos pocos sectores.

Se aprecia que los sectores que destacan por las compras son la industria agroalimentaria (14) que se abastece de productos generados por la agricultura (1, 2, 3, 4, 5, 6) con un alto contenido en agua; la industria textil (15), abastecida fundamentalmente por las plantas industriales (4); y el sector de la hostelería y la restauración (22) también provisto por bienes agrarios. Estos mismos sectores (14, 15, 22) venden a pocos sectores y a aquellos a los que les proporcionan algún bien las cantidades son prácticamente inapreciables. A parte de éstos, son significativas las ventas que realizan los sectores de la metalurgia (9) y el de materiales de construcción (10) al sector de la construcción (20). También hay que destacar que los mayores porcentajes de venta de todos los sectores son transacciones realizadas con ellos mismos, poniendo de manifiesto el alto autoconsumo en términos de agua.

#### **4. Conclusiones**

Para finalizar podemos sintetizar en este apartado de conclusiones las principales ideas y resultados derivados de este estudio. Entendemos que una de las posibles aportaciones de este trabajo radica en la presentación de un modelo que nos permite estudiar conjuntamente la capacidad productiva de una economía y el consumo de recursos

---

<sup>9</sup> Entendiendo por “compras” de agua del sector  $j$  al sector  $i$ , la cantidad de agua que llevan incorporados los productos que el sector  $j$  ha comprado al sector  $i$  y ha utilizado como inputs en su proceso de producción.

<sup>10</sup> Entendiendo por “ventas” de agua del sector  $i$  al sector  $j$ , la cantidad de agua que el sector  $i$  ha utilizado en la producción de bienes y servicios que le vende al sector  $j$  y que éste utiliza en su producción.

<sup>11</sup> Se entienden muy bajos cuando están por debajo del 10%.

hídricos, mediante la inclusión del consumo de agua en un modelo de producción. Este modelo nos proporciona indicadores y matrices útiles a la hora de realizar una planificación económica que considere, no únicamente variables productivas, sino también factores ambientales como éste.

Una de las primeras conclusiones que se pueden derivar del análisis de estos indicadores es la necesidad de diferenciar el consumo directo del recurso del consumo indirecto. Entendemos que esta diferenciación es importante debido a los distintos valores que toman unos y otros indicadores para un mismo sector productivo. Tales diferencias se ponen de manifiesto, por ejemplo, en los sectores agrarios. Éstos presentan, por lo general, un alto consumo directo y bajos niveles de consumo indirecto; y, por otro lado, los sectores industriales y de servicios muestran bajos indicadores de consumo directo y altos indirectos. Como paradigma de estos grupos podemos mencionar el alto consumo indirecto de agua que realizan la industria agroalimentaria y la restauración y hostelería. Por ello, es importante considerar el consumo total de agua, esto es el consumo indirecto junto al directo (y no únicamente el consumo directo) a la hora de planificar la economía productiva de una región o país.

Combinando aspectos conocidos de la economía andaluza con los datos de consumo total de agua obtenidos en este trabajo, se podría concluir que Andalucía es una región que, a pesar de su escasez hídrica, presenta una estructura económica especializada en sectores altamente consumidores de agua, centrada fundamentalmente en los sectores agrarios, el sector agroalimentario y en el turismo. A esto hay que unir, por todos conocido, que la mayor demanda de estos sectores se produce precisamente en los meses de verano cuando el recurso más escasea. Por lo tanto no podemos dejar de asombrarnos cuando nos percatamos que Andalucía se especializa precisamente en sectores altamente demandantes de agua y cuyas demandas se concentran y se solapan en los periodos de mayor escasez. Esta realidad podría derivar en el estrangulamiento productivo del sector en cuestión debido a la falta de uno de los principales inputs necesarios en la producción de sus productos, con evidentes consecuencias negativas para el conjunto de la economía. Habiendo llegado a esta conclusión, planteamos la necesidad de reflexionar sobre la posibilidad de un cambio en la especialización productiva basada en estudios rigurosos que contemplen aspectos económicos, sociales y ambientales. Somos conscientes de que este trabajo es únicamente una primera aproximación incompleta al tema de estudio; no

obstante, podría servir como referente de los problemas que se nos podrían avecinar de no comenzar a incluir dichas variables en los estudios económicos; así mismo, y con este planteamiento como objetivo, el presente trabajo intenta aportar un camino para comenzar a cambiar.

Tabla 3. Matriz de Intercambios de Agua (W) (miles de metros cúbicos).

SECTORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Suma por filas
1 Cereales y leguminosa	291.287	2.297	150	289	180	72.166	1.006	0	359	246	723	504	703	450.624	918	44	759	1.860	201	5.683	2.457	71.142	692	3.355	4.259	911.900
2 Hortalizas y frutas	64	834.403	39	36	50	3.701	545	0	186	116	322	269	375	16.453	311	21	199	192	79	2.164	1.298	40.069	364	1.361	3.537	906.155
3 Agrios	25	190	294.140	15	24	682	205	0	74	42	1.106	95	136	6.400	114	8	72	63	29	811	453	13.502	134	552	2.288	321.162
4 Plantas industriales	22	112	9	15.562	12	1.829	94	0	41	28	161	49	81	58.062	17.935	49	72	330	100	437	271	6.508	91	273	459	102.589
5 Olivar	170	860	70	89	170.502	15.669	807	0	280	198	558	400	557	537.551	535	33	356	677	128	3.511	1.928	58.962	542	2.051	3.415	799.845
6 Otras producciones agrarias	1.102	3.685	202	519	231	147.956	404	0	167	116	253	214	302	86.913	954	24	1.018	3.183	175	5.262	1.113	23.179	314	3.176	1.768	282.231
7 Industria extractiva	31	120	14	16	35	116	10.288	0	178	255	749	42	103	759	107	4	69	65	19	1.121	585	407	557	262	388	16.289
8 Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Metalurgia	61	123	11	23	47	98	63	0	19.491	43	60	240	793	848	106	8	80	6	94	2.740	38	131	34	59	91	25.289
10 Materiales construcción	1	5	0	0	1	10	24	0	29	1.877	9	21	12	231	4	0	9	8	2	3.278	28	85	9	31	36	5.713
11 Industria química, plásticos	214	1.754	86	133	212	465	539	0	293	88	27.806	128	233	3.147	337	20	219	275	80	2.587	251	998	287	613	333	41.100
12 Maquinaria	1	2	1	0	1	2	1	0	7	2	2	613	10	17	3	0	1	1	0	32	7	3	2	4	20	733
13 Material de transporte	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	1	1	2.436	5	1	0	0	0	0	5	5	3	8	36	4	2.512
14 Industria agroalimentaria	9	44	4	4	4	795	41	0	14	10	28	20	28	27.283	27	2	18	34	7	178	98	2.993	28	104	173	31.947
15 Textil y confección	1	3	0	0	0	34	1	0	2	1	3	1	5	44	4.416	8	3	2	1	9	14	38	7	9	18	4.621
16 Cuero y calzado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	255	0	0	0	0	6	0	0	1	1	266
17 Industria de la madera	1	8	1	1	1	17	6	0	3	4	5	5	29	67	2	0	2.456	4	2	212	20	13	5	40	12	2.913
18 Papel, artes gráficas y edición	7	37	3	3	5	185	60	0	158	163	102	134	97	1.801	125	43	44	16.614	250	802	492	383	213	800	1.186	23.708
19 Otras manufacturas	0	0	0	0	0	4	1	0	0	1	0	0	5	9	3	0	1	0	1.088	4	2	2	1	2	9	1.133
20 Construcción	3	21	2	1	3	17	63	0	15	10	20	52	21	86	16	1	10	4	3	16.461	126	105	39	135	138	17.353
21 Comercio	11	58	5	5	11	145	130	0	112	36	39	48	107	606	67	4	79	34	11	684	14.270	339	46	133	94	17.073
22 Restaurante y hostelería	55	467	48	34	62	458	746	0	254	157	440	369	512	2.494	404	29	245	161	105	2.857	1.761	55.794	495	1.499	1.181	70.626
23 Transporte y comunicaciones	24	93	10	10	23	214	254	0	136	117	174	103	160	1.070	158	10	86	80	36	1.298	982	415	5.199	481	438	11.571
24 Servicios destinados a venta	25	150	13	11	26	215	612	0	252	121	239	209	505	1.333	232	16	208	124	50	1.778	2.298	1.237	518	20.926	1.639	32.739
25 Servicios no destinados a venta	1	4	0	0	1	3	6	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	23.323	23.349
Suma por columnas	293.044	844.090	294.780	16.754	171.430	244.786	15897	0	22052	3.630	32.804	3.515	7.212	1.195.809	26.774	580	6.003	23.717	2.463	51.915	28.506	276.309	9.585	35.901	44.809	3.652.816

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Matriz de coeficientes técnicos (Q).

SECTORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1 Cereales y leguminosa	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,02
2 Hortalizas y frutas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,01	0,11
3 Agrios	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,01	0,08
4 Plantas industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	2,12	4,04	0,05	0,01	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5 Olivar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 Otras producciones agrarias	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,79	0,03	0,00	0,33	0,17	0,06	0,20	0,00	0,22	0,00	0,10	0,02
7 Industria extractiva	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,01	0,11	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,03	0,00	0,09	0,01	0,01
8 Agua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9 Metalurgia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,02	0,00	0,34	0,29	0,02	0,02	0,03	0,03	0,00	0,08	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10 Materiales construcción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11 Industria química, plásticos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,01	0,03	0,10	0,14	0,07	0,04	0,03	0,06	0,07	0,01	0,06	0,12	0,00	0,01	0,04	0,02	0,01
12 Maquinaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13 Material de transporte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14 Industria agroalimentaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
15 Textil y confección	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16 Cuero y calzado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17 Industria de la madera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18 Papel, artes gráficas y edición	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	0,00	0,18	0,02	0,05	0,02	0,15	0,01	0,05	0,21	0,02	0,02	0,00	0,03	0,03	0,04
19 Otras manufacturas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20 Construcción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
21 Comercio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00
22 Restaurante y hostelería	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,01	0,06	0,01	0,53	0,17	0,06	0,07	0,10	0,08	0,01	0,08	0,13	0,10	0,00	0,08	0,07	0,04
23 Transporte y comunicaciones	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,05	0,01	0,14	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	0,03	0,06	0,06	0,00	0,03	0,02	0,01
24 Servicios destinados a venta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,04	0,01	0,27	0,17	0,03	0,04	0,05	0,07	0,01	0,03	0,07	0,14	0,02	0,08	0,06	0,06
25 Servicios no destinados a venta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Matriz de coeficientes de distribución (L).

SECTORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1 Cereales y leguminosa	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
2 Hortalizas y frutas	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
3 Agrios	0,00	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,01
4 Plantas industriales	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
5 Olivar	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
6 Otras producciones agrarias	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,08	0,00	0,01	0,01
7 Industria extractiva	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,63	0,00	0,01	0,02	0,05	0,00	0,01	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,04	0,02	0,03	0,02	0,02
8 Agua	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9 Metalurgia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
10 Materiales construcción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,33	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
11 Industria química, plásticos	0,01	0,04	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,68	0,00	0,01	0,08	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,06	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
12 Maquinaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,84	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,03
13 Material de transporte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
14 Industria agroalimentaria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01
15 Textil y confección	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
16 Cuero y calzado	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
17 Industria de la madera	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
18 Papel, artes gráficas y edición	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,70	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,03	0,05
19 Otras manufacturas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
20 Construcción	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
21 Comercio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,84	0,02	0,00	0,01	0,01
22 Restaurante y hostelería	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,79	0,01	0,02	0,02
23 Transporte y comunicaciones	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,09	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,11	0,08	0,04	0,45	0,04	0,04
24 Servicios destinados a venta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,05	0,07	0,04	0,02	0,64	0,05
25 Servicios no destinados a venta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia

## Referencias

- Alcántara Escolano, V.; Roca, J. (1995): "Energy and CO<sub>2</sub> emissions in Spain". *Energy Economics*, vol. 17, nº3, pp. 221-230.
- Almenar, R.; Bono, E.; García, E. (directores) (1998): *La sostenibilidad del desarrollo: el caso valenciano*. Ed. Fundación Bancaixa.
- Bielsa, J. (1998): *Modelización de la gestión integrada del agua en el territorio: magnitudes asociadas desde una perspectiva económica*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Ciaschini, M. (1988): *Input-Output analysis current developments*. Chapman and Hall.
- Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía (1996): "La tabla Input-Output medioambiental de Andalucía 1990. Aproximación a la integración de las variables medioambientales en el modelo input-output". *Monografías de economía y medio ambiente*, Nº 7.
- Duarte, R. (1999): *Estructura productiva y contaminación hídrica en el valle del Ebro. Un análisis input-output*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Forsund, F.R. (1985): "Input-output models, national economic models, and the environment". En Kneese, A.V.; Sweeney, J.L. (1985).
- Hawdon y Pearson (1995): "Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK". *Energy Economics*, vol.17, nº1, pp.73-86.
- Hudson, E.A.; Jorgenson, D.W. (1974): "U.S. energy policy and economic growth, 1975-2000". *Bell Journal of Economics and Management Science*, 5 (2), autumn, pp. 461-514. En Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (1998b), pp. 52-105.
- Instituto de Estadística de Andalucía, Junta de Andalucía (1995a): *Contabilidad regional y tabla input-output de Andalucía, 1990. Presentación de resultados*. Instituto Estadístico de Andalucía.
- Instituto de Estadística de Andalucía, Junta de Andalucía (1995b): *Contabilidad regional y tablas input-output de Andalucía, 1990. Análisis de resultados*. Volumen 1.
- Isard, W. y otros (1968): "On the linkage of socio-economic and ecologic systems", *Papers of the Regional Science Association*, XXI, pp. 79-99. En Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (1998b), pp.3-23.
- Kneese, A.V.; Sweeney, J.L. (1985): *Handbook of natural resources and energy economics*, vol. I. Elsevier Science Publishers.
- Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (Ed.) (1998a): *Input-output analysis*. Vol.I.
- Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (Ed.) (1998b): *Input-output analysis*. Vol.II.
- Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (Ed.) (1998c): *Input-output analysis*. Vol.III.
- Leontief, W. (1936): "Quantitative input-output relations in the economic system of the United States". *Review on Economics and Statistics*, vol. XVIII. En Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (Ed.) (1998a), pp.104-132.
- Leontief, W. (1970): "Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach". *Review of Economics and Statistics*, 52, pp. 262-271. En Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (Ed.) (1998b). pp. 24-33.

- Leontief, W.; Ford, D. (1972): "Air pollution and the economic structure: empirical results of input-output computations". *Input-output Techniques*. Eds. Brody, A.; Cater, A.P. North-Holland Publishing Company.
- Lofting; MCGauhey (1968): "Economic valuation of water. An input-output analysis of California water requirements". *Contribution* nº116. Water Resources Center.
- Manresa, A.; Sancho, F.; Vegara, J.M. (1998): "Measuring commodities' commodity content", *Economic Systems Research*, Vol.10, nº4.
- Morillas, A.; Melchor, E.; Castro, M. (1996): "Análisis dinámico de los efectos de la estructura de demanda sobre el crecimiento y medio ambiente en Andalucía". *Comunicación presentada a la XXII Reunión de Estudios Regionales*.
- Pajuelo, A. (1980): "Equilibrio general versus análisis parcial en el análisis input-output económico ambiental: una aplicación al análisis de la contaminación atmosférica en España". *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, nº3.
- Proops, J.L.R. (1988): "Energy intensities, input-output analysis and economic development". En Ciaschini, M. (1988) pp.201-215.
- Proops, J.L.R.; Faber, M.; Wagenhals, G. (1993): *Reducing CO<sub>2</sub> emissions. A comparative input-output study for Germany and the U.K.* Springer-Verlag.
- Saéz de Miera, G. (1998): *Modelo input-output para el análisis de las relaciones entre la economía y el agua. Aplicación al caso de Andalucía*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
- Sánchez-Chóliz, J.; Bielsa, J.; Arrojo, P. (1992): "Water values for Aragon", *Environmental and Land Issues*. Wissenschaftsverlag vank Kiel KG. Ed. Albisu, L.M. and Romero, C. EAAE, CIHEAM.
- Sánchez-Choliz, J.; Bielsa, J.; Duarte, R. (1994): "On water supply and demand in a river basin: applications to the Ebro valley". Universidad de Zaragoza.
- Stone, R. (1972): "The evaluation of pollution: balancing gains and losses". *Minerva*, X (3), july, pp. 412-25. En Kurz, H.D.; Dietzenbacher, E.; Lager, C. (1998b). pp. 38-51.