

Departament d'Economia Aplicada

"Deuda hídrica y escasez. Análisis
MRIO del uso del agua en Andalucía"

Francisco Navarro,
Cristina Madrid

**D
O
C
U
M
E
N
T
D
E
T
R
E
B
A
L
L**

12.03



Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat d'Economia i Emp

Aquest document pertany al Departament d'Economia Aplicada.

Data de publicació : **Febrer 2012**

Departament d'Economia Aplicada
Edifici B
Campus de Bellaterra
08193 Bellaterra

Telèfon: (93) 581 1680
Fax:(93) 581 2292
E-mail: d.econ.aplicada@uab.es
<http://www.ecap.uab.es>

"Deuda hídrica y escasez. Análisis MRIO del uso del agua en Andalucía"+

*Navarro, Francisco**^a y *Madrid, Cristina*^{a,b}

^a Departamento de Economía Aplicada. Universidad Autónoma de Barcelona

Edifici B. Campus de Bellaterra. 08193 Bellaterra

Phone: 93.581.17.40. E-mail: Francisco.Navarro@uab.cat

^b Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental. Universidad Autónoma de Barcelona

Edifici C. Campus de Bellaterra. 08193 Bellaterra

Phone:93.581.45.82 E-mail: cristina.madrid@uab.es

*Autor de contacto

+ Premio Emlio Fontela de jóvenes investigadores 2011

Resumen

El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis regional y sectorial del Balance Neto de agua virtual asociada al comercio entre la región de Andalucía y el resto de España para el año 2005. Para ello, desarrollamos una metodología que nos permite efectuar un análisis comparativo del uso del agua en ambas regiones, en cuanto al impacto de su producción sectorial y de su demanda final. Incluimos en el marco metodológico el nuevo concepto de Agua Virtual, ya que está tomando gran relevancia en la arena de la Gestión Hídrica.

La base del marco metodológico es el análisis Input-Output. En particular, construimos un modelo Input-Output Multi-Regional (MRIO) para las regiones consideradas. Esta herramienta es el método más utilizado para los estudios en los que se asigna la responsabilidad del uso de recursos de acuerdo a la demanda final, localizada territorialmente, de cada rama productiva. Entre otras ventajas, nos permite analizar los vínculos interregionales e intersectoriales de las regiones consideradas. La incorporación de la técnica de la integración vertical o subsistemas a nivel interregional nos permite un enfoque alternativo para el Balance Neto resultante, en el que puede examinarse la importancia de una determinada rama productiva de acuerdo a su influencia en el resto de sectores de las diversas regiones. No tenemos constancia de que este enfoque haya sido utilizado con anterioridad en los análisis MRIO aplicados al estudio de los impactos medioambientales incorporados en el comercio. Tampoco la tenemos sobre la aplicación de los MRIO de forma general para estos impactos a nivel interregional de la economía española.

Los estudios previos sobre el uso del agua de la región andaluza se han centrado en el comercio internacional ante la dificultad de hacer un análisis exhaustivo a nivel sectorial utilizando las estadísticas de transporte por carretera. Sin embargo, en términos monetarios, el comercio interior de la región con el resto de España supone un 52% de las “exportaciones” y un 62% de las “importaciones”. Por lo tanto, a nivel práctico, este trabajo aporta a los estudios desarrollados con anterioridad la esencial perspectiva del comercio interior. Los resultados esperados contribuyen a mejorar una información de extrema relevancia para una posible reforma estructural de la economía y el comercio interregional andaluz acorde a un mejor uso del recurso agua.

Palabras clave: integración vertical, modelos multi-region input-output, Agua Virtual, gestión hídrica integrada.

JEL Keywords: F18 - Trade and Environment; R15 - Econometric and Input–Output Models; Other Models; Q25 - Water ; Q57 - Ecological Economics: Ecosystem Services; Biodiversity Conservation; Bioeconomics; Industrial Ecology.

1 Introducción

El agua es un elemento esencial para el mantenimiento de los sistemas económicos. Es también un elemento por el que se tiene poca consideración y que se define como algo transferible. En economías industrializadas, la agricultura de regadío lleva a este sector a ser el mayor consumidor de agua. Algunas de las principales zonas agrícolas tienen un nivel de aridez tal que la idea parece descabellada. Sin embargo, estas áridas fábricas de hortalizas suelen disponer de una fuente fiable de energía solar y se abastecen del trasvase de agua desde distancias que en muchos casos son muy largas. Paradójicamente en muchas de estas regiones áridas una gran parte de la producción del sector económico, especialmente de la agricultura, es exportada a otras latitudes más altas, más allá de los lugares de procedencia del agua. Estos productos agrícola se transportan o bien a mercados donde estos productos no están disponibles localmente o durante un periodo de tiempo más amplio o temprano. En este proceso también existe un trasvase de agua, en este caso, virtual.

Estos trasvases de agua virtual han sido clasificados como una forma de dumping ambiental, en este caso más silenciosa de lo habitual ya que no sólo no están incluidos en el precio de los bienes, sino que también son invisibles para la gestión del agua. Desde una perspectiva más “del sur” (Muradian and Martinez-Alier, 2001), estas transacciones de agua virtual forman parte de una deuda hídrica que tienen los países compradores hacia los vendedores. En general las deudas ambientales son de carácter virtual. Esto quiere decir no se produce un flujo del recurso sino una pérdida en las cualidades del mismo que hace que deje de ser recurso.

En línea con esta idea, (Allan, 1998) define el agua virtual como la cantidad de agua asociada a la producción de un bien. Este indicador ha adquirido importancia en el mundo académico en los últimos años, especialmente relacionado con el comercio. Se dice que un flujo comercial lleva asociada una cantidad de agua virtual igual al agua que ha sido necesario utilizar para producirlo (Hoekstra and Hung, 2005). Este concepto ha mostrado su utilidad en la evaluación del uso del agua de regiones y ha sido estimado por diferentes métodos, entre los que se encuentran el análisis de flujos (ver, por ejemplo (Chapagain and Hoekstra, 2008; Novo et al., 2009; Zeitoun et al., 2010) y el análisis Input-Output (Duarte et al., 2002; Huang et al., 2005; Velázquez, 2006; Dietzenbacher and Velázquez, 2007; Guan and Hubacek, 2007; Lenzen, 2009; Wang et al., 2009; Blackhurst et al., 2010; Cazcarro et al., 2010; Moratillo et al., 2010). Este último tipo de análisis presenta la ventaja de eliminar los errores de truncamiento (Lenzen, 2000) con respecto a los análisis de procesos utilizados en las metodologías de análisis del ciclo de vida.

Andalucía es una región del sur de España que sufre una escasez social de agua, entendida como tal la situación en la que la demanda de agua supera la disponibilidad de la misma. Esta situación se ve acentuada por las características climáticas típicas de una región mediterránea: aridez y disponibilidad variable en el tiempo y el espacio. El uso de agua en la región es frecuentemente cercano

a la insostenibilidad, especialmente en lo referente a la agricultura (Berbel et al., 2008). El modo de producción agrícola ha provocado un fuerte efecto rebote (Madrid and Velázquez, 2008). Además, el sistema productivo y comercial se estructura de tal manera que paradójicamente Andalucía es un ‘exportador’ neto de agua virtual (Velázquez, 2007).

La singularidad de la región la ha llevado a ser ya el foco de algunos estudios utilizando la metodología de la evaluación de flujos (Velázquez, 2007; Madrid and Velázquez, 2008) y el análisis Input-Output (Velázquez, 2006; Dietzenbacher and Velázquez, 2007). Sin embargo, debido a las carencias de datos de comercio interior o la incompatibilidad de los mismos con la desagregación sectorial propuesta en la tabla estos estudios no incorporan un análisis del agua incorporada en el comercio con el resto de España el cual representa una alta proporción del comercio de la región. De esta forma, frecuentemente se obvian flujos ambientales que no pueden ser estudiados mediante el análisis de flujos comerciales.

El análisis Multi-Regional Input-Output (MRIO, en inglés) (Miller and Blair, 2009), es una técnica que permite el estudio integrado de las actividades económicas y el medioambiente, especialmente en la estimación de los impactos interregionales de ciertas actividades económicas. Los avances metodológicos y de disponibilidad de información han hecho que en la última década se haya intensificado notablemente el uso de esta metodología para analizar impactos de tipo ambiental (Wiedmann et al., 2007). En el caso del agua, existen ya algunos estudios (Okadera et al., 2006; Lenzen, 2009; Wang et al., 2009), aunque no es una metodología muy extendida hasta el momento y no se ha aplicado para estudiar el caso de España.

Además, la aportación a estos modelos de la técnica de integración vertical permite, bajo ciertas condiciones, analizar la estructura productiva particular de cada una de las industrias que conforman el sistema económico, sin desvincularlo del resto de sectores. Esta técnica fue propuesta originalmente por (Sraffa, 1960) y, más tarde, por (Pasinetti, 1977). Aunque no es hasta (Alcántara, 1995) donde se desarrolla esta metodología desde una perspectiva medioambiental, con la construcción de subsistemas generadores de impacto de forma ampliamente desagregada. Para el caso de España, existe el estudio de (Navarro and Alcántara, 2010) centrado en la generación de metano por parte del sector agroalimentario catalán y el de (Duarte et al., 2002) que estudia el uso del agua en España mediante la evaluación de vínculos intersectoriales hacia delante y hacia atrás. Pero ninguno de estos estudios incorpora un análisis MRIO.

El objetivo de este trabajo es la estimación de los flujos de agua virtual asociada al comercio de Andalucía con el resto de España y el resto del mundo mediante un análisis MRIO con integración vertical. Este análisis permitirá, por un lado, una mejor evaluación de los flujos de agua virtual y por el otro un mejor análisis de la responsabilidad en el uso del agua a través de los balances netos en agua virtual asociada. En trabajo se estructura de la siguiente manera: tras esta breve introducción, en la

sección 2 se desarrolla la metodología utilizada. La sección 3 hace referencia a las fuentes de datos usadas y las estimaciones realizadas. Tras la sección 4 de resultados, en la sección 5 se expresan las conclusiones.

2 Metodología

Los avances metodológicos y, especialmente, las mejoras en la disponibilidad de información, han posibilitado la utilización de los modelos MRIO en los análisis de impactos o uso de recursos asociados al comercio. Este modelo permite captar, a través de los vínculos comerciales interregionales, los efectos de la demanda final de un sector en una región sobre la producción desagregada sectorialmente del resto de regiones consideradas. El modelo MRIO ha sido adoptado por otros autores para estudiar impactos ambientales (Turner et al. 2007; Wiedmann 2009), con buenos resultados.

2.1 Uso de recursos por el sistema económico desde una perspectiva input-output

El modelo desarrollado en este artículo parte del análisis IO (input-output) (Leontief, 1941) caracterizado por¹ $x = Ax + y$ (1), donde el output total de cada sector, x , viene dado por los consumos intermedios industriales, Ax , y la demanda final de cada rama productiva y . Así, A es la matriz (NxN) de coeficientes técnicos a_{ij} y la solución del output total viene dada por $x = (I - A)^{-1}y$ donde $(I - A)^{-1} \equiv L$ indica la matriz inversa de Leontief, cuyo elemento característico l_{ij} expresa la cantidad mínima de output producido por el sector j que es necesaria para el aumento unitario de la demanda final del sector i .

(Proops, 1988) añadió el impacto del sistema económico sobre los recursos energéticos mediante la definición de intensidades en el uso de los recursos, definidos como un cociente entre el uso del recurso y la producción económica. Si definimos w (Nx1) como el vector de coeficientes de uso directo de agua para cada rama productiva, la cantidad total, directa e indirecta, de agua requerida para la producción total es la matriz $C = wL\hat{y}$ (2).

Cada elemento c_{ij} expresa la cantidad de agua incorporada en los inputs producidos por el sector i y utilizados por j para la elaboración de su demanda final. Esto es, el conjunto de relaciones intersectoriales de la economía en términos de uso de agua. La suma de cada columna $c^{(i)} = \sum_j C_{ij}$ nos devuelve la cantidad de agua total consumida, directa e indirectamente, por la rama productiva i , considerando, por tanto, el agua total asociada a la demanda final de este sector.

¹ Las letras mayúsculas indican matrices y las minúsculas vectores los cuales son columnas por definición. La transposición de un vector viene expresado por (') y su diagonalización por (^).

Nótese que wL es un operador lineal que convierte cualquier incremento de demanda final en un incremento del vector de uso de agua (Alcántara, 1995). Esta matriz expresa los “*coeficientes verticalmente integrados*” que Pasinetti (1977) bautizó en un planteamiento teórico utilizando el factor trabajo como input y descritos originariamente en (Sraffa, 1960) como subsistemas. Para una explicación más detallada de las potencialidades de este útil, véase (Alcántara, 1995; Sánchez-Chóliz and Duarte, 2003; Navarro and Alcántara, 2010). Este enfoque nos permite analizar la estructura productiva particular de cada una de las industrias que conforman el sistema económico, sin desvincularlo del resto de sectores.

2.2 MRIO extendido al medioambiente con sectores verticalmente integrados

Para nuestro trabajo consideramos una estructura económica formada por tres regiones, Andalucía (AND) será la región 1; el resto de España (RE), la 2 y el resto del mundo (RM), la 3 con n ramas productivas cada una, en nuestro caso, $n=24$. El modelo recoge el conjunto de relaciones comerciales interregionales que vinculan a las distintas regiones. La estructura metodológica de este estudio se basa en (Navarro, 2012), donde se construye un modelo MRIO con sectores verticalmente integrados (subsistemas) para la región de Cataluña y el RE. Este trabajo demuestra que la aplicación de los subsistemas a estos modelos proporciona un enfoque novedoso al estudio de los balances en impacto incorporado y mejora ampliamente el potencial de análisis. Una buena explicación de los MRIO se puede encontrar en (Lenzen et al., 2004; Glen Peters and Edgar Hertwich, 2006; Miller and Blair, 2009). El modelo representado en la ecuación (2) puede expresarse de forma particionada como sigue

$$\begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} & H_{13} \\ H_{21} & H_{22} & H_{23} \\ H_{31} & H_{32} & H_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \widehat{W}_1 & 0 & 0 \\ 0 & \widehat{W}_2 & 0 \\ 0 & 0 & \widehat{W}_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & L_{13} \\ L_{21} & L_{22} & L_{23} \\ L_{31} & L_{32} & L_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \widehat{Y}_{11} & \widehat{Y}_{12} & \widehat{Y}_{13} \\ \widehat{Y}_{21} & \widehat{Y}_{22} & \widehat{Y}_{23} \\ \widehat{Y}_{31} & \widehat{Y}_{32} & \widehat{Y}_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

donde H_{rs} es una matriz (N×N) en la que el elemento característico h_{rs}^{ij} indica la cantidad de agua consumida, directa e indirectamente, por el sector i en la región r para satisfacer la demanda final del sector j en s . Como en la ecuación (2), los resultados se han obtenido con sectores verticalmente integrados, de manera que la suma de cada columna $h_{rs}^{(i)}$ nos devuelve la cantidad de agua consumida, directa e indirectamente, por los distintos sectores de la región r para la obtención de la demanda final del sector i en s .

De esta manera, el agua virtual utilizada en Andalucía en la producción de bienes y servicios sería $\sum_r H_{1r}$, mientras que el agua virtual asociada a su demanda final sería $\sum_r H_{r1}$. Ambas expresiones se corresponden a dos criterios distintos en la asignación de responsabilidad en el uso de un recurso o impacto ambiental. En el primer caso, de acuerdo al principio contable del productor, la responsabilidad se asigna a la actividad productiva doméstica. En cambio, en el segundo caso, la responsabilidad recae sobre la demanda final doméstica, esta perspectiva conlleva tener en cuenta el agua virtual asociada a las

importaciones que tienen como destino, directa o indirectamente, la demanda final doméstica y descontar la incorporada en las exportaciones (Munksgaard and Pedersen, 2001).

Nótese que ahora la matriz de “*coeficientes de uso de agua verticalmente integrados*”, wL , está formada por los diferentes valores desagregados regionalmente, $W_r L_{rs}$, que muestran los intercambios interregionales en términos de agua. De esta manera cada elemento, w_r^{ij} , indica la cantidad de agua unitaria utilizada por el sector i en la región r para la demanda final de output del sector j en la región s .

2.3 Comercio y responsabilidad en el uso del agua

2.3.1 Balances netos entre regiones

Los estudios de flujos de agua virtual asociados al comercio han estimado tradicionalmente el balance de uso de agua de forma opuesta a como se calcula el saldo comercial, es decir, sustrayendo las “exportaciones” de agua de las “importaciones” (Chapagain et al., 2006; Hoekstra and Chapagain, 2006; Chapagain and Hoekstra, 2008). Esta operación tiene más sentido cuando se trata de hacer un balance en el uso de un recurso. En el caso de la balanza comercial, las importaciones cuentan como salidas de dinero al exterior y las exportaciones como entradas. Para el caso del agua, sin embargo, las exportaciones suponen una salida virtual de agua y las importaciones, una entrada. Para estimar el agua virtual neta necesaria para satisfacer la demanda final de una región descontaremos el agua incorporada en las exportaciones y sumaremos la incorporada en las importaciones. De esta manera se pueden obtener el Balance Neto en agua incorporada. La suma entre el agua utilizada por la propia región para satisfacer su demanda final y este tipo de balance nos daría la Huella Hídrica de la región.

Esto nos permite asignar la responsabilidad en el uso del agua de una región más allá del generado en su territorio, de acuerdo al principio contable del consumo. Así, la ecuación $B_{1-r} = H_{r1} - H_{1r}$ (4) expresa el balance neto en agua asociada al comercio para la región AND respecto a la región r . De manera que un $B_{1-r} > 0$ indicará que Andalucía introduce mayor cantidad de agua virtual de la que exporta, en relación al comercio con r . Nótese que la suma de los distintos balances con la totalidad de regiones consideradas arrojará el balance neto global para Andalucía.

Asimismo, el agua virtual total asociada a la demanda final de Andalucía será igual a $H_1^T = \sum_r H_{r1}$ (5) donde ahora la suma de cada columna, $h_1^{T(i)}$, expresa el total de agua virtual asignada a la demanda final del sector i de Andalucía.

2.3.2 Tratamiento del comercio con el resto del mundo

La estimación del uso de agua total asociada a la demanda final de un país o región, a través de un modelo MRIO, requiere incorporar, para cada una de las regiones con las que el país en cuestión

intercambia productos, su tecnología y el uso de agua (Turner et al., 2007). Además, sería deseable poder incluir todos los intercambios comerciales entre ellas. En última instancia, esto nos conduce a la necesidad de construir una MRIO global, lo que requiere una enorme cantidad de información que en gran medida no está disponible (Lenzen et al., 2004). Esta situación se presenta como una de las principales limitaciones en el uso de esta metodología. Una parte de las importaciones procedentes del RM que tienen como destino la demanda final de Andalucía pasan primeramente por el RE como inputs. Lo mismo sucede en sentido inverso. Por lo tanto, el estudio del agua virtual asociada al comercio entre Andalucía y el RE requiere tener en cuenta las importantes relaciones comerciales que ambas regiones mantienen con el resto del mundo.

Una aproximación para salvar este requerimiento que se utiliza comúnmente en la literatura es la “asunción de tecnología doméstica” (Lenzen et al., 2004; Serrano and Dietzenbacher, 2010). Este supuesto, asume que los bienes y servicios importados son producidos con la misma tecnología que los domésticos. La adopción de este supuesto puede causar importantes errores que deben sopesarse (Lenzen et al., 2004). Ya que el interés de este trabajo es la región andaluza y las dos regiones centrales consideradas componen la economía española, asumiremos que las importaciones provenientes del RM (A_{33}) están producidas de acuerdo a la tecnología y uso de agua de la economía española. De esta manera no distorsionamos el análisis comparativo entre ambas regiones.

Otro supuesto, el de “economía pequeña” permite, para el caso de regiones relativamente pequeñas respecto a otra región, asumir que los productos importados por la economía grande procedentes de las dos primeras son insignificantes respecto a su output total (Peters and Hertwich, 2006). En nuestro trabajo, esto significaría asumir que $A_{13} = A_{23} = 0$. Esto relajaría la necesidad de información sin introducir grandes errores cuantitativos (Lenzen et al., 2004). Sin embargo, con este supuesto consideraríamos implícitamente que todas las exportaciones al extranjero de cada sector de las regiones de Andalucía y el RE tienen como destino directo la demanda final del mismo sector del RM.

Esta asunción tiene una contrapartida. Al no considerarse las relaciones intersectoriales que se producen en el RM respecto a las importaciones de inputs intermedios procedentes de ambas regiones españolas, se configuraría una demanda final con una estructura muy sesgada. Por lo tanto, la adopción de este supuesto comportaría errores significativos en la estimación del balance respecto al RM desagregado en sectores verticalmente integrados.

La decisión de incorporar al estudio del comercio entre Andalucía y el RE, el análisis de los efectos en términos de agua del comercio con el RM, se debe a las características del comercio de Andalucía, principalmente exterior y europeo. Por este motivo, hemos descartado el supuesto de “economía pequeña” y se ha optado por aproximar el output total y la demanda final del RM a través de la información disponible en la base de datos del Eurostat y la OCDE sobre las tablas input-output de los 27 miembros de la Unión Europea y un amplio conjunto de países, pertenecientes o no a la OCDE. La

suma del PIB total del conjunto de países seleccionados supone el 91% del total del mundo (Apéndice A).

Siguiendo el esquema utilizado previamente en la literatura (Lenzen et al., 2004; Peters and Hertwich, 2006), las importaciones procedentes de Andalucía y el RE se reparten de acuerdo a los coeficientes de distribución de importaciones de la economía española (véase sección 3.2.4.). Estas importaciones son relativamente tan pequeñas respecto al output del RM que el impacto sobre la tecnología (A_{33}) es insignificante, pero nos permiten aproximar el destino final de estas exportaciones de una forma más coherente que con el supuesto de “economía pequeña” mencionado arriba.

Así, para el caso del balance neto entre Andalucía y el RM, la ecuación (4) expresa

$$B_{1-3} = H_{31} - H_{13} = \widehat{W}_3[L_{31}\hat{y}_{11} + L_{32}\hat{y}_{21} + L_{33}\hat{y}_{31}] - \widehat{W}_1[L_{11}\hat{y}_{13} + L_{12}\hat{y}_{23} + L_{13}\hat{y}_{33}] \quad (6)$$

donde $\widehat{W}_1 L_{13} \hat{y}_{33}$ determina la forma en que los distintos sectores del RM utilizan como inputs las importaciones procedentes de Andalucía para la elaboración de su demanda final. Esto nos permite una estimación más coherente del balance neto respecto al RM con sectores verticalmente integrados.

3 Base de datos y preparación

La información necesaria para implementar un análisis MRIO es considerable y rara vez completamente disponible. A las limitaciones metodológicas derivadas de los supuestos implícitos del análisis input-output (Miller and Blair, 2009), debemos añadir la problemática de la disponibilidad de datos. Por un lado, esto requiere asumir determinados supuestos de acuerdo a cada caso, como los formulados en la sección anterior. Por otro lado, el reto de construir un modelo MRIO pasa por la estimación de parte de la información no disponible directamente e imprescindible en el análisis, especialmente en cuanto al comercio interregional. En esta sección describimos las fuentes de datos utilizadas y su preparación para el desarrollo del estudio.

3.1 Bases de datos

Las fuentes de datos para la elaboración del modelo MRIO son las tablas input-output (TIO) simétricas para el 2005 para España y Andalucía, elaboradas por el INE (Instituto Nacional de Estadística de España) y el IECA (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía) respectivamente. Los datos de uso de agua para el año 2005 provienen de las cuentas del agua publicadas por el INE en el marco de la contabilidad ambiental. Los datos de consumo de agua para el 2005 se han estimado a partir de los datos de consumo nacional de 2005 y los regionales de 2001, que son los últimos que provee el INE.

Además, hemos agregado los datos de los marcos Input-Output de España y Andalucía de 73 y 81 sectores CNAE 93 rev-1 respectivamente a los 24 sectores de las cuentas del agua. El proceso seguido es el siguiente

$$A_{rs}^{ESP-24} = G^{ESP1} A_{rs}^{ESP-73} G^{ESP2} \quad (7a)$$

$$A_{rs}^{AND-24} = G^{AND1} A_{rs}^{AND-81} G^{AND2} \quad (7b)$$

donde G^x es la matriz de agregación, A_{rs}^{ESP-73} y A_{rs}^{AND-81} son las matrices simétricas correspondientes a las regiones estudiadas y A_{rs}^{x-24} la agregada final.

En el caso de los sectores 75.12 y 90.01², ha sido necesario el proceso opuesto, es decir su desagregación de “Administración pública” y “Servicios de depuración” respectivamente. Para hacerlo, se han comparado las producciones y demandas intermedias de los sectores 75.12 y 90.01, que se pueden consultar en las cuentas del agua, con las totales de los grandes sectores. De esta manera las matrices G^{ESP1} y G^{ESP2} y G^{AND1} y G^{AND2} no son completamente traspuestas.

3.2 Construcción de las tablas MRIO

Partiendo de la expresión 3, las fuentes de datos nos permiten disponer de forma directa de las matrices A_{11} , A_{21} , A_{31} y A_{33} , así como los vectores y_{11} , y_{13} , y_{21} e y_{31} del modelo. El resto de tablas deben estimarse a través de diferentes métodos utilizados comúnmente en la literatura y que expondremos a continuación.

3.2.1 Estimación de la TIO de importaciones del resto de España procedentes de Andalucía A_{12} e y_{12}

Para este caso únicamente disponemos del vector de exportaciones al RE z_{12} de la TIO andaluza, y no conocemos su destino en términos sectoriales para las demandas intermedia y final del RE. Para esta estimación, aplicaremos el método utilizado en (Allan et al., 2004) que supone que las distintas ramas productivas y la demanda final utilizan en la misma proporción el output procedente de Andalucía o del RE de acuerdo a los coeficientes de distribución de la TIO interior de España. De esta manera, cada elemento m_{12}^{ij} , que expresa las compras realizadas por el sector j del RE al sector i de Andalucía, viene dado por

$$m_{12}^{ij} = z_{12}^i \frac{x_{ESP}^{ij}}{x_{ESP}^i} \quad (8)$$

² “Servicios administrativos relacionados con el agua” y “Servicios de tratamiento y depuración de aguas residuales”

donde x_{ESP}^{ij} son los elementos de la matriz de producción interior agregada y X_{ESP}^i representa el output total del sector i . Con lo que obtenemos directamente la matriz de coeficientes A_{12} , tal que cada elemento se expresa como $a_{12}^{ij} = \frac{m_{12}^{ij}}{X_2^j}$.

Similarmente, la misma distribución se aplica para el vector de demanda final, y_{12} , donde cada elemento se estima como sigue

$$y_{12}^i = z_{12}^i \frac{y_{ESP}^i}{X_{ESP}^i} \quad (9)$$

De modo que el total de importaciones del RE procedentes de Andalucía para el sector i , queda tal que

$$M_{12}^i = \sum_{j=1}^n (m_{12}^{ij} + y_{12}^i) \quad (10)$$

3.2.2 Estimación de la TIO interior para el resto de España A_{22}

Una base de datos metodológicamente integrada para las TIO regionales y nacional en España permitiría obtener de forma directa la TIO de producción interior para la región del RE. El método consiste en restar a la TIO simétrica española de producción interior la análoga andaluza, las importaciones del RE y la TIO estimada para el RE correspondiente a las importaciones procedentes de Andalucía. Ésta no ha sido una opción válida para este trabajo, la presencia de algunos valores negativos y la incongruencia de otros muestra una importante carencia de integración metodológica entre ambas tablas ya recogida en (Llano Verduras, 2001). Esto ha provocado que hayamos optado por un método alternativo.

Para este propósito, obtenemos el consumo de inputs intermedios total por sector j (columna j) para el RE (CI_2^j) como sigue

$$CI_2^j = CI_{ESP}^j - CI_1^j - Z_{21}^j - M_{12}^j \quad (11)$$

donde CI_{ESP}^j y CI_1^j muestran el total de inputs intermedios consumidos por el sector j en España y Andalucía respectivamente. Z_{21}^j indica los inputs consumidos por el sector j en Andalucía importados del RE. Similarmente, M_{12}^j muestra la parte de inputs intermedios consumidos por el RE procedentes de Andalucía. Nótese que estos dos últimos datos indican el consumo intermedio, contabilizado como interno para la TIO española, que corresponden a relaciones interregionales entre el RE y Andalucía.

Una vez obtenido CI_2^j , es necesario asignar su valor a los diferentes sectores de acuerdo con los coeficientes técnicos nacionales (mix de producción), para la estimación de los consumos intermedios intersectoriales del RE. Implícitamente estamos suponiendo la misma tecnología entre los sectores del

RE y los nacionales. Este supuesto ha sido aplicado en (Oosterhaven and Boomsma, 1992; Llano Verduras, 2001).

Formalmente las entradas x_2^{ij} , que forman la TIO de la producción interior para el RE, viene dadas por

$$x_2^{ij} = CI_2^j \frac{x_{ESP}^{ij}}{CI_{ESP}^j} \quad (12)$$

Lo siguiente es estimar la demanda final del RE que se supe del output interior (y_{22}^j) como sigue

$$y_{22}^j = y_{ESP}^j - y_{11}^j - y_{12}^j - y_{21}^j \quad (13)$$

donde y_{ESP}^j representa la demanda final interior doméstica del sector j en España.

Similarmente, cada elemento del vector y_{23} correspondiente a las exportaciones al RM de la producción interior del RE,

$$y_{23}^j = z_{ESP}^j - y_{13}^j \quad (14)$$

3.2.3 Estimación de la TIO para el resto de España de las importaciones procedentes de RM M_{32}

La metodología utilizada en (Allan et al., 2004), es válida para la estimación en este caso. Aquí, la matriz de importaciones procedentes del RM al RE (M_{32}) es el resultado de restar a la TIO nacional española de importaciones del RM (M_{ESP}), su análoga andaluza (M_{31}). Del mismo modo, podemos calcular el vector de demanda final y_{31} . Preparación y estimación de la información correspondiente a la región del resto del mundo (A_{13} , A_{23} , y_{13} , y_{23} e y_{33})

Para la construcción de las matrices A_{13} y A_{23} , se han estimado las matrices de exportaciones al RE procedentes de Andalucía y el RE, m_{13}^{ij} . Y m_{23}^{ij} a partir de los vectores de exportaciones z_{13} y z_{23} . La demanda final también se distribuye de acuerdo a estos coeficientes de distribución de importaciones de la economía española

$$m_{r3}^{ij} = z_{r3}^i \frac{m_{ESP}^{ij}}{M_{ESP}^i} \quad (15)$$

$$y_{r3}^i = z_{r3}^i \frac{y_{im,ESP}^i}{M_{ESP}^i} \quad (16)$$

De esta manera, los elementos de las matrices de coeficientes de relaciones interregionales A_{r3} están dadas por

$$a_{r3}^{ij} = \frac{m_{r3}^{ij}}{X_3^j} \quad (17)$$

donde X_3^j es el output total del sector j del RM. Tanto, X_3^j , como la demanda final, y_{33} , han sido ajustados a través de la información correspondiente al conjunto de países que forman la región del RM. Estos son, el grupo de los 27 países de la Unión Europea, más los países miembros de la OCDE (no pertenecientes a la UE-27) y un conjunto de estados para los que a través de la OCDE están disponibles las tablas input-output: Argentina, Brasil, China, Taiwán, India, Indonesia, Sudáfrica, Tailandia, Rusia y Vietnam. Este grupo, como hemos comentado anteriormente, recoge el 88% de las transacciones comerciales a nivel mundial.

4 Balances de agua en Andalucía

Según datos del INE, Andalucía representa aproximadamente el 17% de la superficie española y también de su población. Contribuye con alrededor del 10% al PIB del país. La agricultura aporta solamente en torno al 8% del PIB regional mientras que un 45% de la superficie andaluza está dedicada a tierras de cultivo. Según los datos de la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) para 2005, las exportaciones totales de la región suponen un 9% del total de España en valor y un 18% en volumen. Las mayores exportaciones andaluzas proceden del sector agrícola y suponen un 18% del total de la región en valor y un 13% en peso. Las exportaciones agrícolas andaluzas suponen un 32% de las exportaciones del sector en España en valor y un 27% en volumen.

El agua es un tema controvertido en la región. De típico clima mediterráneo, en su territorio se registran las tasas de pluviosidad más bajas y de las más altas de la península. La actividad con mayor uso de agua, la agricultura intensiva de regadío, suele localizarse en zonas áridas y recurre generalmente para su riego al agua subterránea. Especialmente la zona sureste depende de transvases de agua procedentes de otras regiones y ha infligido tanto impacto en los acuíferos de la zona, que la mayoría están clasificados como “en riesgo” bajo el estándar de la Directiva Marco del Agua. Este tipo de agricultura produce frutas y hortalizas que en algunos casos, como el de la fresa, son consideradas de lujo y tienen como destino los tempranos mercados europeos. Hay muchas buenas descripciones de la situación hídrica de la zona y los conflictos asociados a ella, ver por ejemplo (Corominas Masip, 2001; Delgado and Aragón, 2006; Berbel et al., 2008).

El uso de agua en Andalucía asciende a unos 5000 Hm³ de agua en el año 2005, lo que supone en torno al 25% del español. La tabla 1 presenta una primera desagregación sectorial del uso de agua. En ella se diferencian dos tipos de imputación. En primer lugar la extracción agua directa por cada sector desde el medio que nos proporciona la base de datos. Y, en segundo lugar, el uso total, directo e indirecto, de agua necesaria para abastecer la demanda final de ese sector, extraída directamente y proveniente de otros sectores, estimada a través de la expresión (2). Hay que tener en cuenta que no toda

la producción de un sector se destina a su demanda final y es por eso que los usos del agua directo y total son diferentes.

Los resultados de uso de agua por sectores en la región muestran que mientras que el uso de agua directo en la región se realiza en un 95% por el sector agrícola; las proporciones de agua a imputar, son diferentes, viéndose reducido el agua neta utilizada por este sector al 43%. Esta deslocalización del agua se debe principalmente a la necesidad de inputs procedentes del sector agrario que tiene la industria de la alimentación, mostrando así los importantes efectos de arrastre que esta rama productiva tiene sobre la primera. Es también relevante en este sentido, el peso de ciertas ramas de servicios como la hostelería, agregada en “Otras Actividades Económicas”.

Tabla 1. Agua Utilizada en Andalucía 2005 por sectores (Hm³)

RAMAS PRODUCTIVAS	Agua directa (1)	% directa	Agua total (2)	% total	multiplicador sectorial (2)/(1)
Agricultura y ganadería	4745,5	95,0%	2161,7	43,3%	0,5
Industria de la alimentación, bebidas y tabaco	16,6	0,3%	1735,0	34,7%	104,8
Industria química	15,3	0,3%	24,8	0,5%	1,6
Resto ramas de la industria	49,5	1,0%	98,5	2,0%	2,0
Construcción	8,7	0,2%	80,4	1,6%	9,3
Otras actividades económicas ³	126,9	2,5%	871,0	17,4%	6,9
Resto de ramas productivas ⁴	31,1	0,6%	22,1	0,4%	0,7
TOTAL	4993,5	100,0%	4993,5	100,0%	

Esta conclusión viene apoyada por los multiplicadores sectoriales (Proops, 1984) que dan como sectores con un consumo de agua directo mayor que el total únicamente a la agricultura y al resto de ramas productivas, con multiplicadores menores a 1. El uso de estos multiplicadores y la diferenciación entre usos directos y totales de recursos ayuda a comprender mejor el papel de los sectores productivos en la degradación de los mismos.

Estos resultados coinciden con los de (Velázquez, 2006) donde la autora estudia el uso sectorial de agua en Andalucía para 1995. Este trabajo demuestra la importancia de la industria de la alimentación en el uso indirecto de agua, debido especialmente al agua incorporada en el consumo de inputs procedentes del sector agrícola.

Tabla 2. Responsabilidad en los flujos de agua virtual (Hm³)- Análisis MRIO

	AGUA CORRESPONDIENTE A LA DEMANDA FINAL DE:					
	ANDALUCIA	% VERTICAL	RESTO DE ESPAÑA	% VERTICAL	RESTO DEL MUNDO	TOTAL
AGUA UTILIZADA EN:						

³ “Otras actividades económicas” engloba los sectores G a Q de la CNAE 93Rev-1 excepto el 90.01 y el 75.12.

⁴ Resto de Ramas productivas incluye pesca (B) , Industrias extractivas(C), y Producción y distribución de energía, gas y agua (E).

ANDALUCIA	1610,2(32%)	55,9%	1366,1(27%)	9,2%	2017,1(41%)	4993,4(100%)
RESTO ESPAÑA	942,3(7%)	22,2%	8755,1(61%)	59,1%	4632,7(32%)	14330,1(100%)
RESTO DEL MUNDO	632,5	21,9%	4709,9	31,7%		
	3185,0		14831,1			

En cuanto al destino regional, la tabla 2 muestra que la mayor parte de los flujos de agua virtual provenientes de Andalucía (41%) tienen como destino la demanda final del RM. Esto es una consecuencia clara de la especialización del sector agrícola andaluz en la producción para exportación promovida por la apertura al mercado europeo derivada de la entrada de España en la Unión Europea. Los principales productos exportados son pimiento, tomate y pepino, y entre los principales países se encuentran Alemania, y el Reino Unido (Madrid and Velázquez, 2008).

El agua virtual que va a la demanda final del RE es similar al que se queda en la andaluza, siendo éste sólo 5 puntos superior a aquél. En realidad, el agua contenida en la demanda final andaluza supone únicamente el 32% de la utilizada de forma directa en la región. La región equivalente al RE, sin embargo, dedica el 61% del agua utilizada para satisfacer su propia demanda final, y un 32% a las exportaciones al RM. Sólo un 7% se dedica a satisfacer la demanda andaluza. Estos 942 Hm³ de agua virtual vienen dados por las importaciones andaluzas de industria agroalimentaria del RE, como puede verse en la tabla 4. El segundo contribuidor a esta importación es el sector “resto de actividades económicas” que incluye, principalmente a los sectores de servicios.

En este punto, merece la pena destacar algunas diferencias en cuanto a la composición sectorial entre agua utilizada para satisfacer la demanda final del RE y la del RM que muestra la tabla 4. Si bien es cierto que para ambas regiones, más de la mitad del agua exportada corresponde a la demanda final de la industria de la alimentación, el peso del sector agrícola es ligeramente mayor en las exportaciones al RM. Asimismo, se observa una mayor importancia en la demanda final de Otras actividades económicas en el comercio con el RE respecto al RM., debido al mayor peso del sector de la hostelería. Aunque los supuestos adoptados y el nivel de agregación nos obliga a considerar los resultados como provisionales, éstos muestran las diferencias en el contenido de ambas demandas de productos andaluces, y sus consecuencias en la composición sectorial de su responsabilidad sobre el uso de agua en Andalucía.

Tabla 3. Balance de agua incorporada (Hm³) – Análisis MRIO

BALANCE DE AGUA AND_RE:		BALANCE DE AGUA AND_RM:		TOTAL
Exportaciones a RE	-1366,1	Exportaciones a RM	-2017,1	-3383,2
Importaciones de RE	942,3	Importaciones a RM	632,5	1574,8
Balance Neto And_RE	-423,8	Balance And_RM	-1384,6	-1808,4

Por otro lado, el balance de agua virtual entre Andalucía y el resto de regiones nos ayuda a detectar las “deudas hídricas” entre las mismas. La tabla 3 muestra que el RE tiene una “deuda de agua” de 423,8 Hm³ con AND, focalizada casi en su totalidad en el comercio correspondientes a los sectores agrícola y de la industria de la alimentación y bebidas y tabaco (tabla 4). Esta deuda es un tercio de la que el RM tiene con Andalucía, unos 1384,6 Hm³, y equivalente a casi el doble del agua de riego necesario en la cuenca del río Guadalquivir (unos 800 Hm³).

Finalmente, los resultados muestran también las diferencias regionales entre el agua utilizada por los sectores a través del principio contable del productor (tabla 1) y del consumidor (tabla 4, últimas columnas). Mientras que el agua utilizada por Andalucía-productor (agua directa) es de unos 5000 Hm³ (tabla 1), en realidad sólo unos 3185 son necesarios para satisfacer la demanda de Andalucía-consumidor (agua total) (tabla 4).

Estas diferencias, implican cambios en la composición sectorial del impacto de la demanda final andaluza, fruto, como hemos comentado arriba, de la especialización productiva exportadora de la región. Así, mientras que desde la perspectiva del productor, la agricultura andaluza utiliza el 43% del agua (tabla 1), desde la perspectiva del consumidor utiliza el 18,78% (tabla 4, última columna), y es la industria alimentaria la que contabiliza el mayor porcentaje de uso de agua con casi un 38,11%.

TABLE FOUR ABOUT HERE

Tabla 4. Desagregación por sectores del balance de agua virtual asociada al comercio en Andalucía (Hm³)

DESAGREGACIÓN POR SECTOR DEL BALANCE EN AGUA ASOCIADA AL COMERCIO DE ANDALUCIA																
	USO DIRECTO EN ANDALUCÍA						IMPORTACIONES A ANDALUCÍA				BALANCE EN AGUA AND_RE		BALANCE TOTAL EN AGUA PARA AND		TOTAL AGUA UTILIZADA PARA DF AND	
	USO DOMÉSTICO		EXPORTADAS A RE		EXPORTADAS A RM		ORIGEN RE		ORIGEN RM							
RAMAS PRODUCTIVAS	Hm3	%	Hm3	%	Hm3	%	Hm3	% TOTAL IMP	Hm3	% TOTAL IMP	Hm3	% TOTAL BALANCE	Hm3	% del total vertical	Hm3	% del total vertical
Agricultura y ganadería	505,1	31,37%	267,2	19,56%	481,5	23,87%	70,9	4,50%	22,2	1,41%	196,3	46,32%	655,5	36,25%	598,3	18,78%
Industria de la alimentación, bebidas y tabaco	475,9	29,56%	723,7	52,98%	1042,5	51,68%	464,5	29,49%	273,4	17,36%	259,2	61,16%	1028,3	56,86%	1213,9	38,11%
Resto ramas de la industria	29,8	1,85%	31,3	2,29%	135,0	6,69%	51,6	3,27%	73,5	4,67%	-20,2	-4,78%	41,3	2,28%	154,9	4,86%
Construcción	53,6	3,33%	28,0	2,05%	19,9	0,99%	40,8	2,59%	47,7	3,03%	-12,8	-3,03%	-40,6	-2,24%	142,1	4,46%
Otras actividades de servicios	530,7	32,96%	312,1	22,84%	334,7	16,59%	312,3	19,83%	213,5	13,55%	-0,3	-0,06%	121,0	6,69%	1056,5	33,17%
Resto de ramas productivas	15,0	0,93%	3,8	0,28%	3,5	0,17%	2,2	0,14%	2,2	0,14%	1,6	0,39%	3,0	0,16%	19,4	0,61%
TOTAL	1610,2	100%	1366,1	100%	2017,1	100%	942,3	59,8%	632,5	40,2%	423,8	100%	1808,4	100%	3185,0	100%

5 Conclusiones

Este trabajo explora una forma diferente de imputar las responsabilidades en el uso del agua por dos motivos. En primer lugar, analiza no sólo el comercio exterior, que es lo que típicamente se hace para estudiar los flujos de agua virtual, sino también el interior. Para ello, hemos utilizado un análisis MRIO. Además añade una desagregación sectorial mediante la integración vertical que nos permite un enfoque alternativo para el Balance Neto resultante en particular, y a las relaciones de responsabilidad regional en general, en cuanto al agua asociada a los intercambios comerciales entre ambas regiones. En segundo lugar, comprueba las diferencias entre las perspectivas del productor y del consumidor a la hora de imputar el consumo de agua, demostrando que éstas existen y deben ser tenidas en cuenta a la hora de hacer una reestructuración de los sectores económicos si se quiere tener en cuenta el recurso agua.

En cuanto al modelo MRIO, presenta importantes ventajas analíticas, en cuanto que permite captar los vínculos interregionales entre los sectores de cada territorio e integrar en un mismo análisis múltiples estructuras económicas regionales o nacionales con sus correspondientes tecnologías e impacto ambiental. Además, este método tiene la fortaleza de analizar los flujos de agua sin arrastrar errores de truncamiento. Todos los modelos IO que trabajan con un vector de impacto ambiental, conllevan la debilidad de tener que calcular a partir de datos monetarios las relaciones físicas. A pesar de ello, los resultados obtenidos proporcionan bases muy interesantes para la discusión sobre el uso del agua en este caso, en Andalucía.

La economía andaluza utiliza aproximadamente un quinto del agua total utilizada en España por los sectores económicos, desde la perspectiva de la producción, sin embargo, de estos, casi el 70% son para abastecer demandas finales externas a la región. Concretamente, para el caso de España el agua virtual exportada desde Andalucía es de un 70% de la total utilizada. Sectorialmente, es el uso del agua de la producción agrícola el que más modificaciones sufre al cambio de perspectiva, desde un 43% a un 19% del agua utilizada.

En cuanto a la contabilidad da agua de forma directa/indirecta, el porcentaje de la agricultura cambia de un 95% al 43% antes mencionado, con relocalización del agua principalmente en la industria agroalimentaria. Es decir, que del 95% del uso del agua

imputable a la agricultura, sólo un 19% está dedicada realmente a producir para la demanda final interna.

El contraste regional pone de manifiesto la deuda hídrica neta que tienen las regiones del resto de España y el resto del mundo con Andalucía. Estos flujos, aunque no son físicamente reales, lo son en cuanto al impacto causado. Los flujos de agua virtual hacen referencia a la pérdida de oportunidad de volver a usar la misma agua para la misma función en un periodo de tiempo limitado, en este caso, de un año. Por lo tanto, los flujos de agua virtual son una indicación del impacto del comercio sobre los recursos hídricos, que podría conllevar un deterioro de los términos hídricos de intercambio.

Finalmente, debemos destacar la relevancia que este tipo de estudios tienen y el necesario impacto que deberían provocar en la formación de políticas sobre comercio internacional y gestión económica regional. El llamado “Dumping Ecológico” esconde detrás una deuda de recursos. Si además el acreedor de una deuda hídrica es una región en situación de crisis hídrica, el resultado de ignorar estos números puede ser nefasto.

6 Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de los proyectos ECO2009-10003 (Ministerio de Ciencia e Innovación), 2009SGR-600 y XREPP (DGR). Así como al Programa FPU del Ministerio de Educación y Ciencia la financiación del proyecto.

7 Apéndice A.

Tabla 5. Tabla A1. Composición de la región del resto del mundo (miles de millones de dólares USA)

Regiones agregadas	Producto Interior Bruto	Peso sobre el total del mundo (%)	Peso sobre comercio exterior español
EU-27	13.748,8	30,1%	65,9%
OCDE (sin EU)	22.366,9	49,0%	12,8%
Resto de países	5.455,3	12,0%	9,7%
Total	41.570,9	91,1%	88,4%

8 Bibliografía

Alcántara, V., 1995. Economía y contaminación atmosférica: hacia un nuevo enfoque desde el análisis input-output (Doctoral Thesis).

Allan, G., McGregor, P.G., Swales, J.K., Turner, K., 2004. Construction of a multi-sectoral interregional IO and SAM database for the UK. Strathclyde discussion papers in economics.

Allan, J.A., 1998. Virtual Water: A Strategic Resource. Global Solutions to Regional Deficits. *Groundwater* 36, 545-546.

Berbel, J., Gutiérrez, C., Martín-Ortega, J., 2008. Situación y tendencias del uso agrícola del agua en la cuenca del Guadalquivir. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 220, 163-176.

Blackhurst, B.M., Hendrickson, C., Vidal, J.S., 2010. Direct and Indirect Water Withdrawals for U.S. Industrial Sectors. *Environmental Science & Technology* 44, 2126-2130.

Cazcarro, I., Pac, R.D., Sánchez-Chóliz, J., 2010. Water Consumption Based on a Disaggregated Social Accounting Matrix of Huesca (Spain). *Journal of Industrial Ecology* 14, 496-511.

Corominas Masip, J., 2001. Irrigated land on the verge of the 21 century, 1: National Irrigated Lands Plan and Irrigated Lands Plan in Andalusia [Spain]. *Riegos y Drenajes XXI* (no.90) p. 22-37.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., 2008. The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. *Water International* 33, 19.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G., 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 10, 455-468.

Delgado, M., Aragón, M.Á., 2006. Los campos andaluces en la globalización. Almería y Huelva, fábricas de hortalizas, in: Etxezarreta, M. (Ed.), *La Agricultura Española En La Era De La Globalización*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Centro de Publicaciones, p. 751.

Dietzenbacher, E., Velázquez, E., 2007. Analysing Andalusian virtual water trade in an input - Output framework. *Regional Studies* 41, 185-196.

Duarte, R., Sánchez-Chóliz, J., Bielsa, J., 2002. Water use in the Spanish economy: an input-output approach. *Ecological Economics* 43, 71-85.

Glen Peters, Edgar Hertwich, 2006. Structural analysis of international trade: Environmental impacts of Norway 18, 155-181.

Guan, D., Hubacek, K., 2007. Assessment of regional trade and virtual water flows in China. *Ecological Economics* 61, 159-170.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., 2006. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resour Manage* 21, 35-48.

Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., 2005. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change Part A* 15, 45–56.

Huang, X.-R., Pei, Y.-S., Liang, C., 2005. Input/output method for calculating the virtual water trading in Ningxia. *Shuikexue Jinzhan/Advances in Water Science* 16, 564-568.

Lenzen, M., 2000. Errors in Conventional and Input-Output—based Life—Cycle Inventories. *Journal of Industrial Ecology* 4, 127-148.

Lenzen, M., 2009. Understanding virtual water flows: A multiregion input-output case study of Victoria. *Water Resources Research* 45.

Lenzen, M., Pade, L.-L., Munksgaard, J., 2004. CO2 Multipliers in Multi-region Input-Output Models. *Econ. Systems Res.* 16, 391-412.

Leontief, W.W., 1941. *The structure of American economy, 1919-1929: An empirical application of equilibrium analysis.* Harvard University Press.

Llano Verduras, C., 2001. Economía sectorial y espacial el comercio interregional en el marco input-output.

Madrid, C., Velázquez, E., 2008. El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual: una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España). *Revibec* 8, 29-47.

Miller, R.E., Blair, P.D., 2009. *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, 2nd ed. Cambridge University Press.

Moratillo, F.E., Moreno, M.M., Barrena, M.F., 2010. The water footprint in Spain. *Revista de Obras Publicas* 157, 21-38.

Munksgaard, J., Pedersen, K.A., 2001. CO2 accounts for open economies: producer or consumer responsibility? *Energy Policy* 29, 327-334.

Muradian, R., Martinez-Alier, J., 2001. Trade and the environment: from a []Southern' perspective. *Ecological Economics* 36, 281-297.

Navarro, F., 2012. Construcción de un modelo Multi-Regional Input-Output (MRIO) medioambiental para Cataluña y el resto de España: Estudio del balance en CO2 incorporado en el comercio (Working Papers). Department of Applied Economics at Universitat Autònoma of Barcelona.

Navarro, F., Alcántara, V., 2010. Las emisiones de metano (CH₄) en el subsistema agroalimentario catalán: un análisis input-output alternativo. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 10, 25-39.

Novo, P., Garrido, A., Varela-Ortega, C., 2009. Are virtual water “flows” in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? *Ecological Economics* 68, 1454–1464.

Okadera, T., Watanabe, M., Xu, K., 2006. Analysis of water demand and water pollutant discharge using a regional input-output table: An application to the City of Chongqing, upstream of the Three Gorges Dam in China. *Ecological Economics* 58, 221-237.

Oosterhaven, J., Boomsma, P., 1992. A Double-Entry Method for the Construction of Bi-regional Input-Output Tables. *Journal of Regional Science* 32, 269-284.

Pasinetti, L.L., 1977. *Contributi alla teoria della produzione congiunta*. Il mulino.

Peters, G.P., Hertwich, E.G., 2006. A comment on “Functions, commodities and environmental impacts in an ecological-economic model”. *Ecological Economics* 59, 1-6.

Proops, J.L.R., 1984. *Energy intensities, input-output analysis and economic development*. University of Keele, Dept. of Economics.

Proops, J.L.R., 1988. Energy Intensities, Input-Output Analysis and Economic Development, in: Ciaschini, M. (Ed.), Input-output Analysis: Current Developments. Chapman and Hall.

Sánchez-Chóliz, J., Duarte, R., 2003. Analysing pollution by way of vertically integrated coefficients, with an application to the water sector in Aragon. *Cambridge Journal of Economics* 27, 433 -448.

Serrano, M., Dietzenbacher, E., 2010. Responsibility and trade emission balances: An evaluation of approaches. *Ecological Economics* 69, 2224-2232.

Sraffa, P., 1960. Production of commodities by means of commodities prelude to a critique of economic theory. University Press, Cambridge [Eng.].

Turner, K., Lenzen, M., Wiedmann, T., Barrett, J., 2007. Examining the global environmental impact of regional consumption activities -- Part 1: A technical note on combining input-output and ecological footprint analysis. *Ecological Economics* 62, 37-44.

Velázquez, E., 2006. An input-output model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalusia. *Ecological Economics* 56, 226-240.

Velázquez, E., 2007. Water trade in Andalusia. Virtual water: An alternative way to manage water use. *Ecological Economics* 63, 201-208.

Wang, Y., Xiao, H.L., Lu, M.F., 2009. Analysis of water consumption using a regional input-output model: Model development and application to Zhangye City, Northwestern China. *Journal of Arid Environments* 73, 894-900.

Wiedmann, T., 2009. A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics* 69, 211-222.

Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K., Barrett, J., 2007. Examining the global environmental impact of regional consumption activities -- Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological Economics* 61, 15-26.

Zeitoun, M., Allan, J.A., Mohieldeen, Y., 2010. Virtual water “flows” of the Nile Basin, 1998–2004: A first approximation and implications for water security. *Global Environmental Change* 20, 229-242.

Últims documents de treball publicats

NUM	TÍTOL	AUTOR	DATA
12.03	"Deuda hídrica y escasez. Análisis MRIO del uso del agua en Andalucía"	Navarro, Francisco Madrid, Cristina	Febrer 2012
12.02	Recursos naturales y desarrollo en el Chad: ¿maldición de los recursos o inserción periférica?	Artur Colom-Jaén	Gener 2012
12.01	Construcción de un modelo Multi-Regional Input-Output (MRIO) medioambiental para Cataluña y el resto de España: Estudio del balance en CO2 incorporado en el	Francisco Navarro	Gener 2012
11.09	Factor shares, the price markup, and the elasticity of substitution between capital and labor.	Xavier Raurich, Hector Sala	Setembre 2011
11.08	Crecimiento economico y estructura productiva en un modelo Input-Output: Un analisis alternativo de sensibilidad de los coeficientes.	Vicent Alcantara	Juny 2011
11.07	EXPLANATORY FACTORS OF CO2 PER CAPITA EMISSION INEQUALITY IN THE EUROPEAN UNION	Emilio Padilla, Juan Antonio Duro	Maig 2011
11.06	Cross-country polarisation in CO2 emissions per capita in the European Union: changes and explanatory factors	Juan Antonio Duro, Emilio Padilla	Maig 2011
11.05	Economic Growth and Inequality: The Role of Fiscal Policies	Leonel Muínelo, Oriol Roca-Sagalés	Febrer 2011
11.04	Homogeneización en un Sistema de tipo Leontief (o Leontief-Sraffa).	Xose Luis Quiñoa, Laia Pié Dols	Febrer 2011
11.03	Ciudades que contribuyen a la Sostenibilidad Global	Ivan Muñiz Olivera, Roser Masjuan, Pau Morera, Miquel-Angel Garcia Lopez	Febrer 2011
11.02	Medición del poder de mercado en la industria del cobre de Estados Unidos: Una aproximación desde la perspectiva de la Nueva Organización Industrial	Andrés E. Luengo	Febrer 2011
11.01	Monetary Policy Rules and Financial Stress: Does Financial Instability Matter for Monetary Policy?	Jaromír Baxa, Roman Horváth, Borek Vašíček	Gener 2011
10.10	Is Monetary Policy in New Members States Asymmetric?	Borek Vasicek	Desembre 2010
10.09	CO2 emissions and economic activity: heterogeneity across countries and non stationary series	Matías Piaggio, Emilio Padilla	Desembre 2010
10.08	Inequality across countries in energy intensities: an analysis of the role of energy transformation and final energy consumption	Juan Antonio Duro, Emilio Padilla	Desembre 2010