



El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual. Una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España)

Cristina Madrid^a

Departamento de Economía Aplicada. Universidad Autónoma de Barcelona
Edificio B. Campus de Bellaterra. 08290 Barcelona. España

Cristina.Madrid@uab.es

Esther Velázquez

Departamento de Economía Universidad Pablo de Olavide
Ctra. Utrera, Km.1. 41013 Sevilla. España

evelalo@upo.es

Fecha de recepción: 28/01/2008. Fecha de aceptación: 19/05/2008

Resumen

Este trabajo (1) propone un nuevo concepto, el Metabolismo Hídrico (MH), como un nuevo marco de análisis para la gestión de la "demanda" de agua mediante la incorporación del estudio de los flujos de Agua Virtual y (2) lo aplica al sector hortofrutícola andaluz en el año 2004. Las principales conclusiones son las siguientes. (a) el MH es un marco conceptual y metodológico apropiado para el estudio de los flujos físicos de agua de una economía, considerando los flujos reales y virtuales, y los de entrada y salida. (b) Con relación a las estimaciones realizadas, la principal conclusión es que se produjeron mayores exportaciones que importaciones en términos de AV. Esto significa que, dadas las condiciones territoriales, climáticas y de escasez hídrica de la región se confirma una inadecuación de la planificación agrícola regional a la disponibilidad de recursos.

Palabras clave: Agua Virtual, Andalucía, Flujos Físicos, Metabolismo Hídrico, España

Abstract

This work (1) proposes a new concept, the Water Metabolism (WM), as an conceptual and methodological framework of the water demand management to study the virtual and real water flows and (2) applies that framework for the estimation of the WM of the fruit and vegetable sector of Andalusia in year 2004. The main conclusions follow. (a) The WM is a good framework for the study of the water flows of an Economy, considering real and virtual flows as well as inputs and outputs. (b) Regarding to the water flows, the study found out that the region is exporting more VW than imported what confirms that the agricultural policy does not fit with the resources, given the water scarcity, climatic and territorial characteristics of the region.

Key words: Virtual Water, Andalusia, Physical flows, Water Metabolism, Spain.

^a Autor de contacto



1. Introducción

Una de las principales dificultades a la hora de gestionar los recursos hídricos es la falta de aceptación de que el agua cumple muchas funciones (Zimmerman 1967) y no es únicamente un factor productivo, sino un activo ecosocial (Aguilera 1995). De la misma forma, es conveniente distinguir entre “escasez física” y “social” del agua (Aguilera 1994; Meerganz, 2005), entendiendo por la primera, la falta de lluvias en un territorio determinado y por la segunda, la escasez derivada de una inadecuada gestión del recurso. Por último, ante una situación de escasez en la que una gestión eficiente del recurso se hace necesaria, debemos plantearnos lo que entendemos por eficiencia, el concepto de agua y el tipo de escasez al que nos enfrentamos. De esta forma, la creencia de que estamos ante un bien económico y que la escasez que tratamos de gestionar es física nos llevará a una gestión diferente de la que nos llevaría el pensar que hemos de gestionar un bien ecosocial, enfrentados a una escasez social.

También el propio concepto de gestión del agua se puede entender desde dos planteamientos diferentes: (1) la gestión de la oferta, que consiste en incrementar los recursos hídricos, fundamentalmente mediante la obra hidráulica, para satisfacer unos requerimientos siempre insatisfechos; y (2) la gestión del recurso, también conocida como gestión de la “demanda²”, cuyo objetivo es controlar el consumo y fomentar el ahorro de agua (Ciriacy-Wantrup & Bishop 1992, Aguilera 1993, Naredo 1997, entre otros).

Desde la gestión de la “demanda” del recurso se requiere necesariamente la consideración de los flujos físicos, además de los monetarios, asociados a las actividades socioeconómicas en un entorno determinado bajo el marco de lo que definiremos como Metabolismo Hídrico (MH). Una vez definido,

² La Literatura al uso habla de gestión de la demanda pero, en nuestra opinión, es éste un término mal utilizado pues la demanda hace referencia a la cantidad requerida de un bien en función de su precio; y puesto que el agua no tiene precio (y cuando lo tiene no es un precio de mercado), no parece lo más adecuado hablar de demanda. A pesar de ello, y dado que la Literatura la reconoce con este nombre, nosotros haremos uso de él, poniéndolo siempre entre comillas.

analizamos el MH del sector hortofrutícola andaluz. Para ello, estudiamos los flujos de Agua Virtual (AV) como indicador de referencia para la estimación de flujos físicos, y los comparamos con los flujos monetarios, como un planteamiento de la gestión de la “demanda”.

La estructura del trabajo es la siguiente. Después de esta breve introducción, en el apartado segundo introducimos el concepto de MH; en el tercero, presentamos los antecedentes del concepto de AV; en el cuarto apartado desarrollamos la metodología utilizada; analizamos los resultados obtenidos en el quinto y finalizamos con un sexto apartado de conclusiones.

2. Aproximación al concepto de Metabolismo Hídrico

Varios autores interesados en añadir el estudio de los flujos físicos al análisis económico han apuntado la extraordinaria importancia tanto cualitativa como cuantitativa de incorporar los flujos de agua en el estudio del metabolismo de la economía y de la sociedad (Carpintero 2005; Matthews et al. 2000; Velázquez 2007). Sin embargo, estos flujos no quedan recogidos en muchos de los estudios sobre metabolismo socioeconómico realizados hasta la fecha. Las razones argumentadas son variadas, aunque podríamos resumirlas en las siguientes: (1) Carácter desequilibrante, en términos cuantitativos, de este recurso (Carpintero 2005: 139), ya que las cantidades de agua y aire utilizados en la Tierra se cifran en billones (10^{12}) de toneladas, mientras que el resto de materiales se cifran en miles de millones (10^9) de toneladas”. (2) Graves carencias de la información estadística sobre el uso del agua (Matthews et al. 2000; Naredo 2005, entre otros). (3) Las escalas geográficas de los estudios de materiales no son apropiadas para los estudios de flujos de agua (Matthews et al. 2000).

La consideración de los flujos de agua en los análisis económicos y sociales se puede hacer estudiando el Metabolismo Hídrico (MH) de una determinada economía mediante



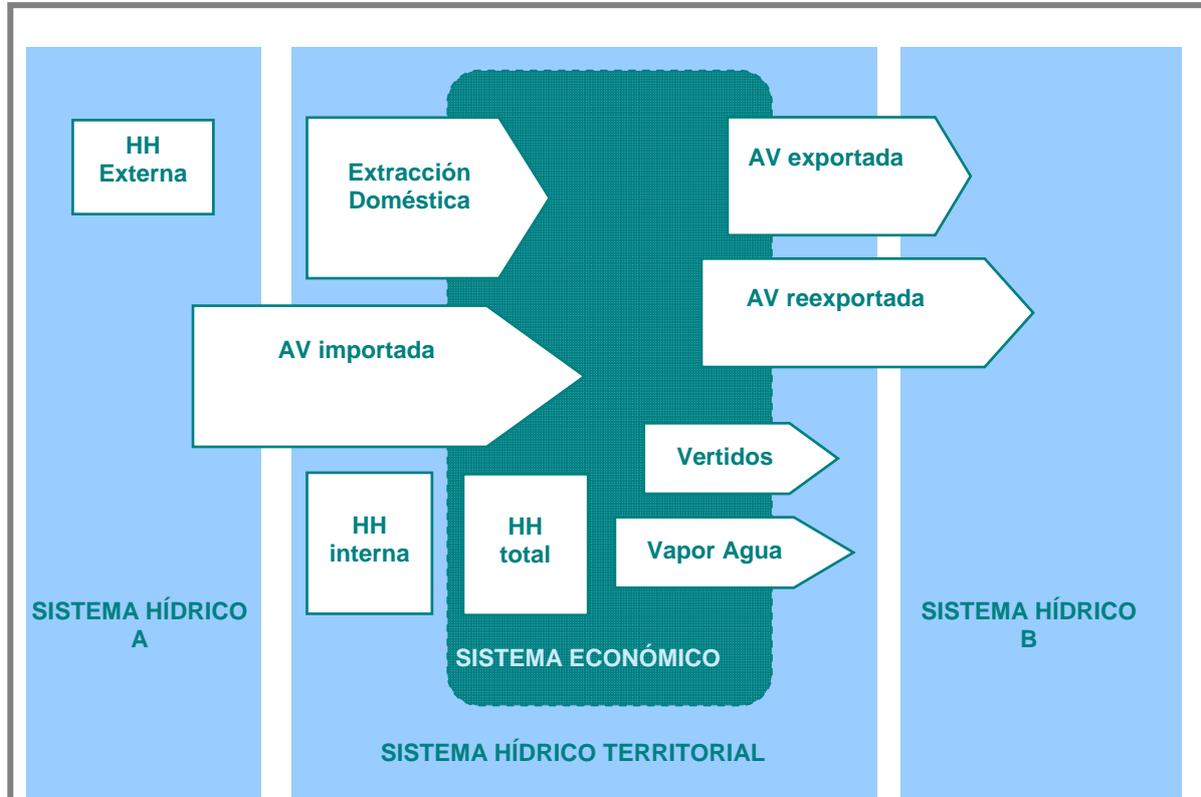
la aplicación de los conceptos de Agua Virtual (AV) (Allan 1998) y Huella Hídrica (HH) (Hoekstra & Chapagain 2007a). A pesar de que los conceptos de HH y AV son recientes, se han propuesto ya como indicadores útiles en la gestión de la “demanda” de agua. El MH es un concepto novedoso al que tratamos de aproximarnos en este trabajo.

La idea de MH surge de la analogía con el Metabolismo Socioeconómico (MS) (Fisher-Kowalski 1998). Siguiendo esta analogía, podríamos definir el MH como aquel proceso que recoge los flujos de agua de una sociedad-economía en dos dimensiones: (1) flujos internos, referido a los flujos que tienen lugar entre una economía y el sistema hídrico del territorio donde ésta se aloja y (2) flujos con el exterior, entendiendo por éstos los flujos desde (importación) y hacia (exportación) otros sistemas hídricos. La Figura 1, muestra un esquema de los flujos entre la economía y los diferentes sistemas hídricos.

Así, los flujos internos serían la extracción doméstica, el vapor de agua y los vertidos producidos por los procesos de elaboración de los bienes y servicios consumidos dentro del territorio. Por su lado, los flujos al exterior vienen determinados por las importaciones y exportaciones de AV, concepto en el que profundizaremos más adelante.

Conceptualmente, podemos señalar tres características principales del MH. Una primera característica es la inclusión de la territorialidad y la temporalidad. La importancia de estas variables radica en dos motivos principalmente. Por un lado, la disponibilidad del recurso depende de parámetros físicos que varían en función de la localización y la estacionalidad, como el clima o el tipo de suelo; por otro, el impacto derivado de la explotación de los recursos depende también del lugar y el momento en el que el éste se consume.

Figura 1. Propuesta de Metabolismo Hídrico.



Fuente: Adaptado de Eurostat 2001; Hoekstra & Chapagain 2007a. Nota: Como primera aproximación al concepto de MH, no queremos obviar el lugar que corresponde a la HH. Es por eso que se incluye en el esquema conceptual aunque en este artículo no se define ni se recogen los resultados de su estimación



En segundo lugar, el MH se encuadra en un planteamiento sistémico-coevolutivo (Norgaard 1994). Desde este enfoque, se plantea que el estudio del MH debe ayudar no sólo a integrar los aspectos territoriales en la gestión del agua, sino también a integrar el agua en los análisis territoriales. Con esta finalidad, y para ayudar a conservar la territorialidad en el estudio del MH, se deben introducir las variables territoriales³ mediante el uso de, Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Por último, hay que mencionar la interconexión entre los flujos físicos y monetarios, referida al hecho de que a la vez que se producen flujos de agua en un sentido, se producen flujos monetarios en sentido contrario. Por este motivo, es importante incorporar al estudio del MH ambas dimensiones y relativizar unos y otros flujos poniéndolos en relación.

3. Antecedentes del concepto de AV

La idea intuitiva de Agua Contenida (Fisheon 1989) da lugar al concepto bautizado por Allan (1993, 1994) como Agua Virtual. A pesar de los esfuerzos iniciales por cuantificarlo, el concepto se consolida como una metáfora cualitativa. Allan (1998) define el AV de la siguiente manera: "La cantidad de agua consumida en el proceso de elaboración de un producto es llamada el Agua Virtual asociada⁴ al producto".

El concepto de AV adquiere toda su relevancia cuando se asocia al comercio y es tan antiguo como el propio comercio de bienes. De esta forma, podemos entender por comercio de AV la relocalización virtual del agua asociada a los productos que se intercambian. Encuadrado en este comercio,

³ En este trabajo no hemos incluido los resultados georreferenciados derivados del análisis, por motivos de espacio. Para profundizar en este tema y su aplicación al estudio de caso aquí propuesto, ver Madrid (2007).

⁴ En el texto original "*The amount of water consumed in the production process of a product is called the virtual water contained in the product*", la palabra contained se tradujo inicialmente como "contenida". Sin embargo en español hemos creído que el término "asociado" aporta una mayor exactitud de la idea, ya que el significado de contenido es "lo que se contiene en algo o está en su interior" y el agua virtual no tiene por qué estar físicamente dentro del producto.

existe un flujo de agua virtual desde los países o regiones exportadoras hacia los países o regiones importadoras.

La cuantificación de los flujos de AV llega unos años más tarde de la mano de Hoekstra quien utiliza éstos para realizar estimaciones de Huella Hídrica. Hoekstra (2003) diferencia entre dos aproximaciones: el agua virtual real y el agua virtual teórica. Por la primera entendemos el agua que realmente se utiliza para la producción de un bien o servicio en el país de producción del mismo. Esta cantidad dependerá, por un lado, del lugar y tiempo de producción, que pueden afectar a las necesidades de agua del cultivo; y por otro, de la eficiencia en el uso del agua que caracterice a la tecnología utilizada, ya que a menor eficiencia en su uso, mayor volumen de agua virtual será necesario.

El agua virtual teórica, hace referencia al agua que se habría utilizado en el país de destino de un bien, en caso de que dicho bien importado hubiera sido producido en el mencionado país. Esta segunda aproximación plantea la dificultad de que el bien para el que queremos estimar el agua virtual teórica no sea producido en el país de destino.

El AV puede clasificarse atendiendo a su procedencia (Hoekstra & Chapagain 2007b). Se entiende por AV azul el AV proveniente de los recursos hídricos superficiales y subterráneos; al AV verde, el AV proveniente del suelo y que sólo puede ser empleada por las plantas; y al AV gris, el AV que ha sido contaminada por un proceso de producción.

El concepto de AV y su aplicación como indicador del consumo de agua en la producción, y posterior comercialización, ha despertado gran interés entre los académicos e investigadores. Así, podemos resaltar las estimaciones realizadas del agua virtual comercializada entre los diferentes países para determinados productos agrarios (Hoekstra & Hung, 2002; Chapagain & Hoekstra, 2003a, 2003b; Chapagain et al. 2006a; Fraiture et al. 2004; Hoekstra & Hung 2005) o las valoraciones realizadas para ciertas regiones o países (Guan & Hubacek 2007; Chapagain et al. 2006b; Qadir et al.



2003; Yang & Zehnder 2002; Dietzenbacher & Velázquez 2006, Velázquez 2007).

A pesar de las oportunidades para la gestión de la “demanda” de agua que abre este concepto, deben reconocerse los riesgos que puede entrañar. Por un lado, el concepto de AV reafirmaría la teoría de las ventajas comparativas del comercio internacional, corriendo el peligro de plantear que algunos países en vías de desarrollo, con fuertes sequías, dejaran de cultivar alguno de los productos con alto consumo de agua que forman parte de su base alimentaria para importarlos de terceros países, generando así una fuerte dependencia alimenticia de aquéllos. Por otro lado, Wichelns (2004) plantea la posibilidad de que una región con escasez de agua pudiera especializarse en la producción y exportación de bienes intensivos en agua.

4. Metodología

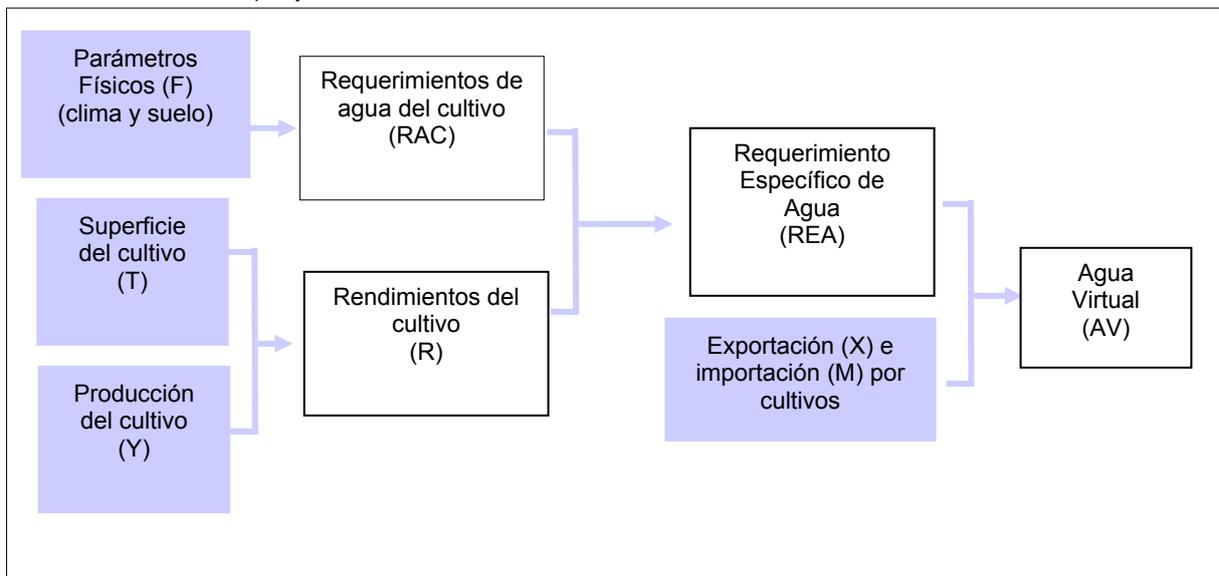
La metodología propuesta se basa en la estimación de los flujos físicos de agua incorporando el indicador de AV en el marco

aplicado a un único sector productivo, el sector de frutas y hortalizas en Andalucía, y para el año 2004. Este estudio se realiza a nivel provincial, por lo que se estiman los parámetros necesarios para las ocho provincias andaluzas.

Para ello, hemos variado el esquema de metabolismo hídrico de la Figura 1 en dos puntos. En primer lugar, suponemos que no existen re-exportaciones ya que los datos de comercio provenientes de la Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT) recogen únicamente los movimientos de entrada y salida sin especificar si existe re-exportación o no. En segundo lugar, hemos definido las entradas al sistema como el riego neto. Esto supone que excluimos los flujos⁵ de evaporación y de vertido. Por otro lado, el estudio recoge únicamente el agua azul y, por lo tanto, no se considera ni el agua verde ni el agua gris.

La Figura 2 esquematiza la metodología empleada, diferenciando entre los cuadrados coloreados –los datos necesarios– y los no coloreados –las estimaciones realizadas en este estudio.

Figura 2. Estimación del AV. Etapas y datos necesarios



Fuente: Elaboración propia a partir de Hoekstra & Hung 2002

del MH. El MH se propone para analizar los flujos de agua de una economía completa o de una parte de ella. En este caso, lo hemos

⁵ El riego neto se define como el riego bruto menos la evaporación y la infiltración. La eficiencia en el riego se define como la parte de agua procedente del riego bruto que pasa a formar el riego neto y, en nuestro caso, hemos tomado un 75%. Este dato no nos resulta relevante ahora al estimar directamente el riego neto, pero nos ha parecido conveniente apuntarlo.



4.1. Estimación de los Requerimientos de Agua del Cultivo (RAC)

El concepto de RAC puede definirse de muchas formas y debe hacerse con cuidado en función del marco teórico en el que nos encontremos, ya que influirá en gran medida en el diseño de la metodología y en los resultados. En su papel de indicador, el RAC nos ofrece una visión de la intensidad en el uso del agua, es decir, qué cantidad de agua necesitamos para generar una tonelada de producto.

En este estudio, el RAC se define como la cantidad que fisiológicamente necesita la planta para vivir y es igual a su consumo de agua por evapotranspiración. Esta agua procede, en parte, de la precipitación absorbida del suelo -o agua verde- y, cuando la anterior es insuficiente, del aporte extra en forma de riego, o agua azul. El resto del agua verde o azul que no utiliza la planta se recicla por infiltración y vuelve a formar parte del recurso. La cantidad de agua disponible en el suelo, así como la evapotranspiración, dependen de diferentes factores climáticos, edáficos y fisiológicos.

Utilizaremos una aplicación informática⁶ que estima la Evapotranspiración del Cultivo (ET_c) y a partir de ella estimamos el RAC.

4.1.1. Localización de fincas

La ET_c para el cultivo i en la provincia j viene dada por la expresión (1):

$$ET_{c_{ij}} = ET_o Kc_i \quad (1)$$

donde, ET_{0j} es la evapotranspiración de referencia⁷ en la localización j y Kc_i , el

⁶ "Aplicación para la Programación de Riegos", Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero, Junta de Andalucía.

⁷ La ET_o se define como el consumo de agua de una parcela de una hectárea sembrada con hierba de unos 10 cm de altura sin falta de agua y en pleno crecimiento. La mayoría de las aplicaciones informáticas de programación de riegos utilizan esta expresión para estimar el agua que la planta necesita, aunque estiman la ET_o de diferente manera en función de los datos meteorológicos proporcionados por las estaciones.

coeficiente de cultivo i , que describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que estas se van desarrollando. La ET_c depende del tipo de suelo y clima y también de la resistencia que tenga el cultivo a la transpiración, resaltándose de nuevo la importancia del estudio geográfico.

La información más aproximada de la localización de los cultivos la ofrece el "Inventario de Regadíos" (CAP 2002) de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. En él se contemplan los cultivos en los siguientes grandes grupos: arroz, cítricos, intensivos de verano, intensivos de invierno, fresa, frutales, frutales subtropicales, hortalizas aire libre, hortalizas semintensivos, invernaderos y olivar. Los cultivos estudiados en este trabajo se engloban dentro de los cítricos, fresa, frutales, frutales subtropicales, hortalizas, invernaderos, y semintensivos.

Por otro lado, se han manejado las estadísticas de Producción Agraria de la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía (2004). Hemos detectado problemas de incoherencia entre las estadísticas y los datos proporcionados por el programa. Así, por ejemplo, en Sevilla aparece registrada producción de frutas tropicales mientras que no aparecen zonas regables clasificadas como tal. Cuando esto sucede, hemos asignado dicho cultivo a un grupo con características similares, en este caso, frutales.

4.1.2. Evaporación de transferencia

El programa utilizado calcula la Evapotranspiración de referencia para estimar el riego neto de dos formas distintas: el método de Penman-Monteith (2) para la información procedente de las estaciones climáticas completas y el de Hargreaves (3) para las estaciones termométricas:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u)} \quad (2)$$



$$ET_0 = 0,0023R_n(T_{med} + 17,8)(T_{max} - T_{min})^{1/2} \quad (3)$$

Donde R_n es la radiación neta ($\text{kJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$); Δ , la pendiente de la curva de presión de vapor en saturación frente a la temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); G , el flujo de calor hacia el suelo ($\text{kJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$); γ , la constante psicrométrica; $(e_s - e)$, el déficit de presión de vapor en el aire; e_s , la presión de vapor en el aire; T , la temperatura ($^\circ\text{C}$) y u , la velocidad del viento medida a 2 m de altura (m s^{-1}).

4.1.3. Patrón del cultivo y datos climáticos

Hemos decidido seguir un patrón de cultivo único para todas las provincias debido a su cercanía climática. Para los leñosos, se ha decidido seleccionar un patrón de hileras con separación de 4 metros entre árboles e hileras y se ha calculado el consumo para un diámetro de copa de 2 metros. Los parámetros climáticos son tomados por el programa en función de la localización de la finca.

4.1.4. Eliminación del riego neto

Una vez calculada ET_{cij} , el programa estima el requerimiento de riego en un área determinada a introducir. En nuestro caso, estimaremos el agua necesaria para una parcela de 1 hectárea.

4.2. Requerimiento Específico de Agua – REA-, Rentabilidad Física –RF- y Rentabilidad Hídrica –RH-

La Rentabilidad física del cultivo $-RF_{ij}$, en ton/Ha, nos ofrece una visión de la intensidad con la que se usa la tierra, y se obtiene a partir de la expresión (4), donde Q_{ij} representa la producción en toneladas y S_{ij} la superficie en hectáreas del cultivo i en la provincia j .

$$RF_{ij} = \begin{cases} \frac{Q_{ij}}{S_{ij}} & \text{si } S_{ij} \geq 0,1 \\ 0 & \text{si } S_{ij} < 0,1 \end{cases} \quad (4)$$

Para los casos en los que se detecta menos de 0,1 Ha de superficie en la provincia, se ha tomado como valor de rendimiento físico 0 ya que en estos casos, que suceden mucho más en frutales que en hortalizas, se trata de árboles diseminados⁸.

A partir de RF_{ij} estimamos los Requerimientos Específicos de Agua $-REA_{ij}$ en m^3/ton , mediante la expresión (5):

$$REA_{ij} = \frac{RAC_{ij}}{RF_{ij}} \quad (5)$$

Por último, la Rentabilidad Hídrica $-RH_{ij}$, en kg/m^3 , es un indicador de la “productividad” del recurso, es decir, nos indica qué cantidad de producción se genera con una unidad de agua y sigue de la expresión (6):

$$RH_{ij} = 10^3 / REA_{ij} \quad (6)$$

4.3. Agua Virtual Exportada –AVX-, Agua Virtual Importada –AVM- y Agua Virtual Neta –AVN-

Finalmente, multiplicando dichos requerimientos específicos de agua por los datos de exportación (X) (o de importación $-M-$) –expresados en toneladas- obtendremos para cada provincia y por grandes regiones de origen/destino el agua virtual exportada (AVX_i) de cada uno de los productos estudiados –expresada en metros cúbicos- (7):

$$AVX_i = X_i REA_i \quad (7)$$

y el agua virtual importada (AVM_i) (8):

$$AVM_i = M_i REA_i \quad (8)$$

⁸ Cuando las estimaciones han dado resultados que podían suponerse no coherentes, se ha preguntado directamente a agricultores.



Finalmente, para obtener el agua virtual neta (AVN_i) deducimos del agua virtual exportada el agua virtual importada (9):

$$AVN_i = AVX_i - AVM_i \quad (9)$$

4.4. Flujos monetarios

Los indicadores monetarios estimados son los siguientes:

- (a) Rentabilidad monetaria del agua en la producción (RMP), expresada en €/m³ y derivados de la expresión (10):

$$RMP_{ij} = \frac{PM_{ij}}{UAA_{ij}} \quad (10)$$

donde, RMP_{ij} es el rendimiento monetario del agua para la producción, PM_{ij} es la producción monetaria y UAA_{ij} el uso del agua por la agricultura, es decir, el agua consumida para la producción y que se estima a partir del REA y los datos de producción en toneladas.

- (b) Rentabilidad monetaria del agua de las exportaciones, en €/m³, (11):

$$RMX_{ij} = \frac{YX_{ij}}{AVX_{ij}} \quad (11)$$

- (c) Rentabilidad monetaria del agua de las importaciones, en €/m³, (12):

$$RMM_{ij} = \frac{YM_{ij}}{AVM_{ij}} \quad (12)$$

donde, RMX_{ij} es la rentabilidad de la exportación, RMM_{ij} , la de la importación en euros por m³; YX_{ij} , el flujo monetario de la exportación y YM_{ij} , el de la importación

expresadas en euros corrientes de 2004, del cultivo i en la provincia j .

5. Estudio de caso

Andalucía se sitúa en el extremo sur occidental de Europa y cuenta con una extensión de 87.268 Km², representando así el 17% de la superficie española. Su clima se caracteriza por fuertes contrastes derivados de su variabilidad geográfica, predominando un carácter mediterráneo, que se define tanto por su carácter cálido (16,8°C de media anual) como por la escasez relativa y estacional de precipitaciones (605 mm de media anual). Con relación a los recursos hídricos, decir que la disponibilidad del agua varía territorial y temporalmente dándose en Andalucía largos periodos de sequía, que contrastan con lluvias torrenciales de gran efecto erosivo. Por último, la coincidencia de periodos secos con meses de altas temperaturas hace que se produzcan fuertes incrementos de la evapotranspiración.

La principal característica de la red de drenaje en Andalucía es la existencia de un gran río, el Guadalquivir, que se encuentra dentro de la comunidad en un 90 % y cuya cuenca abarca el 60 % del territorio. La Consejería de Medio Ambiente -CMA- de la Junta de Andalucía (2007)⁹ ha estimado que los recursos hídricos anuales disponibles ascienden a 4.527 Hm³ (alrededor del 36% de los recursos hídricos netos), de los que en torno al 25% proviene de recursos subterráneos y el resto, de recursos superficiales. Si a ellos les sumamos los 2,9 Hm³ desalados y los 36,5 Hm³ reutilizados hacen un total de 4566,5 Hm³. La CMA¹⁰ sitúa la "demanda" bruta de agua (sin tener en cuenta la reutilización) en torno a los 5.220

⁹ Según los datos publicados en la página web de la CMA: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/>

¹⁰ Nos ha confundido que las cifras ofrecidas por diferentes documentos -PAMA (1997-2002), PAMA (2004-2010), Atlas Hidrogeológico de Andalucía y la Consejería de Medio Ambiente- difieran tanto en lo que se refiere a volumen de recursos como a la demanda del mismo. Obviamente estas diferencias responden a los diferentes métodos de estimación. A esto nos referíamos en el capítulo 2 al hablar de la relatividad de la verdad científica. Nosotros hemos optado por los datos proporcionados por el servicio de información de la página Web de la Consejería.



Hm³/año, superando la cifra de recursos disponibles. Del consumo de agua anual, el 78% corresponde al consumo agrario, el 15% al doméstico, el 3% al industrial y el resto a otros consumos (recreativo, medio-ambiental, etc.) En términos absolutos, es importante destacar que Andalucía, con el 24,5% de su superficie cultivada dedicada al regadío, es la región española que mayor cantidad de agua consume para uso agrícola (PAMA 2004-2010).

Confrontando estas características territoriales con el tipo de agricultura desarrollada en la región podríamos afirmar que uno de los principales desequilibrios territoriales son una inadecuada gestión de los recursos hídricos (Velázquez 2006) y la dedicación de suelos a usos para los que no son aptos que favorece la contaminación edáfica y de los recursos hídricos al generar un mayor aporte de sustancias químicas.

Por lo que respecta a los cultivos objeto de estudio, según datos del *Anuario estadístico de Andalucía* (IEA 2005), la superficie dedicada a cultivos en cualquier régimen, sin incluir la agricultura ecológica, es de 3.316.707 Ha., correspondiendo a las frutas y hortalizas un 12% de la superficie cultivada que genera el 34% de la producción agrícola andaluza, muy por encima de todos los demás grupos de cultivos. Por otro lado, un elevado porcentaje de la exportación agroalimentaria corresponde a estos productos (47%), según datos de la Agencia Española de Aduanas (2005)¹¹.

En el período (1991-2004) se produjo un aumento considerable en la mayoría de las producciones agrícolas de la región, siendo mucho más acusado en el caso de los productos hortofrutícolas (IEA 2005), tendencia favorecida por un aumento en la superficie dedicada al cultivo durante el año 1996. Llama la atención que el comentado aumento de la superficie se registre en los años posteriores a la sequía que asoló la región de octubre de 1990 a septiembre de 1995.

El espectacular aumento de la superficie de frutas y hortalizas, y de la producción que procede de ella, es consecuencia del proceso de “modernización” de la agricultura andaluza, que es especialmente acusado en las zonas de Almería y Huelva, llegando estas provincias a convertirse en lo que Delgado y Aragón (2006) catalogan como “fábrica de hortalizas”.

6. Análisis de Resultados

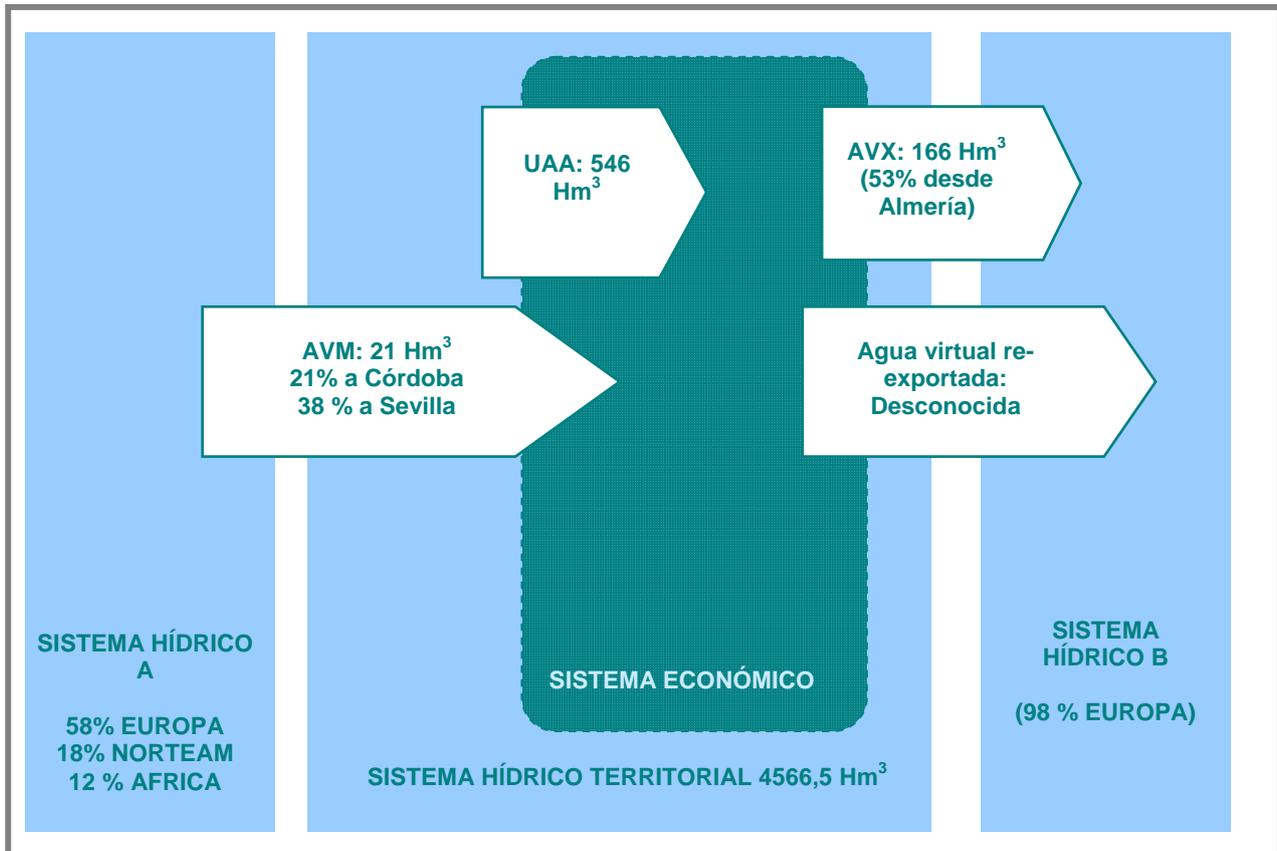
La Figura 3 muestra un esquema de los flujos de agua entre el sistema económico y los países y provincias de origen/destino. Aparte de los flujos representados en la figura, hemos estimado dos tipos de indicadores: (a) Indicadores hídricos (requerimientos hídricos de agua –REA-, la demanda específica de agua –DEA-, la rentabilidad hídrica –RH-, agua virtual exportada –AVX- y agua virtual importada –AVM-) y (b) indicadores monetarios. A continuación detallamos el análisis de cada uno de ellos.

Comenzando con el RAC, definido como las necesidades de riego neto de la planta, podemos ver en la Tabla 1 como oscilan entre los 171 m³/Ha de la lechuga en Huelva y los 8.949 m³/Ha de la alcachofa en Almería. A nivel regional, el cultivo que más agua necesita es la alcachofa, con unas necesidades ubicadas en un rango de entre 6.000 y 9.000 m³/Ha, seguida por el tomate, la zanahoria, la fresa y el pimiento, que se encuentran en un rango de entre 4000 y 7000 m³/Ha. Los cultivos que menos agua por Ha requieren son, con diferencia, la lechuga y el calabacín, que no superan los 1200 m³/Ha.

¹¹ Datos extraídos de la base de datos en la Web de la cámara de comercio. <http://aduanas.cameras.org/>



Figura 3. Metabolismo Hídrico –MH- del sistema estudiado



Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que, aunque no puede decirse que los requerimientos mínimos para cada cultivo se localicen en una sola provincia, en la que se alcanzan los mayores requerimientos de casi todos los cultivos es Almería. Esto podría deberse a dos motivos principalmente: por un lado, a una mayor ET_0 debido a las mayores tasas de radiación solar que incrementa la ET_0 ; y por el otro, a que los requerimientos por Ha en invernadero son mayores que en el cultivo no protegido, debido a la intensidad con que se produce.

Aunque RH es la inversa de la REA, los resultados de ambos no son opuestos en todos los casos. Cuando no se produce riego, como el caso del almendro en Granada, la REA es muy baja, sin embargo la RH no es muy alta porque no se está empleando riego y no hay productividad del agua que valorar. Por lo tanto, vamos a considerar que cuando el valor de REA es cero, la RH también lo será.



Tabla 1. Requerimientos de Agua del Cultivo (RAC) (m³/Ha)

	ALMERÍA	CÁDIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAÉN	MÁLAGA	SEVILLA
AGUACATE	3000,0	1500,0	1500,0	2000,0	1200,0	1500,0	1800,0	1500,0
AJO	2880,5	1586,0	1772,6	2038,3	1824,0	1543,8	2167,3	1867,4
ALBARICOQUE	3000,0	1500,0	2250,0	1500,0	2160,0	2250,0	2250,0	2250,0
ALCACHOFA	8949,8	5912,4	7795,2	6654,4	7089,6	5707,4	8004,2	7370,5
ALMENDRA	1500,0	750,0	750,0	750,0	1500,0	750,0	750,0	1500,0
BERENJENA	4890,5	3703,8	4147,0	4008,2	7741,2	3379,2	3733,1	3599,3
CALABACÍN	1943,1	1002,2	980,2	1418,4	1231,2	532,1	1067,1	524,6
CEBOLLA	5428,3	4298,2	5077,0	4882,4	4493,4	4398,4	1467,6	4625,9
CEREZA	3000,0	1500,0	2250,0	1500,0	1800,0	2250,0	2250,0	2250,0
CHIRIMOYA	3000,0	1500,0	1500,0	2000,0	1800,0	1500,0	1800,0	1500,0
CIRUELA	3000,0	1500,0	2250,0	1500,0	2160,0	2250,0	2250,0	2250,0
COL	3734,1	3005,6	3699,6	3708,1	3463,0	3375,0	2931,8	3404,2
COLIFLOR	5399,3	4400,0	5907,9	5737,8	5797,2	5678,6	4560,0	5612,1
ESPÁRRAGO	5317,0	4065,2	5710,9	5599,0	6151,5	5280,8	4682,2	5663,6
FRESA	5288,1	4482,3	4860,0	4392,0	1919,3	4230,0	4824,0	4330,0
GUISANTES	3886,2	2943,2	3295,4	3185,1	2761,7	2685,3	2966,5	2860,2
HABAS	1871,6	1509,5	1240,3	1743,4	1372,8	1632,8	1663,5	1840,2
JUDÍAS VERDES	3886,2	2943,2	3295,4	3185,1	2761,7	2685,3	2966,5	2860,2
LECHUGA	1068,1	760,0	446,5	480,0	171,4	650,1	535,7	431,8
LIMÓN	2250,0	750,0	1500,0	1500,0	1200,0	1500,0	750,0	1500,0
MANDARINA	2250,0	750,0	1500,0	1500,0	1200,0	1500,0	750,0	1500,0
MANZANA	3000,0	1500,0	2250,0	2250,0	2160,0	2250,0	2250,0	2250,0
MELOCOTÓN	3000,0	1500,0	2250,0	1500,0	2160,0	2250,0	2250,0	2250,0
MELÓN	3481,3	2069,2	2501,7	2702,5	2666,4	2136,4	2323,9	2196,1
NARANJA	2250,0	750,0	1500,0	1500,0	1200,0	1500,0	750,0	1500,0
PEPINO	2391,1	1123,1	1125,9	1409,6	1449,7	943,4	1275,5	706,4
PERA	3000,0	1500,0	2250,0	1500,0	2160,0	2250,0	2250,0	2250,0
PIMIENTO	2896,8	2167,8	2117,4	2432,3	2131,8	7028,3	2287,3	2138,2
SANDÍA	3481,3	2069,2	2501,7	2702,5	2666,4	2136,4	2323,9	2196,1
TOMATE	4921,6	3508,3	5812,3	3720,5	3287,5	2789,8	3223,7	3050,9
ZANAHORIA	5372,9	4253,9	5536,2	4939,2	4850,4	4551,8	4361,2	4684,2

Fuente: Elaboración propia

Los valores de REA oscilan entre los 0 m³/ton ante la ausencia de riego del almendro en Granada, y los 1.579 m³/ton (l/kg). Al contrario de lo que ocurría con los valores de RAC, la REA no encuentra sus máximos en Almería como regla general, sino que existe una mayor dispersión.

Relacionando estos parámetros con los requerimientos de agua, no podemos suponer que un cultivo con un alto RAC tenga también una alta REA (véase Tabla 2) o una baja RH (véase Tabla 3), ya que tanto la REA como la RH dependen de la rentabilidad física (RF), es decir, dependen de la intensidad con la que se produzca.



Tabla 2. Requerimiento Específico de Agua (REA) (m3/ton)

	ALMERÍA	CÁDIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAÉN	MÁLAGA	SEVILLA
AGUACATE	517	190	-	222	308	-	228	266
AJO	360	132	154	164	304	160	217	119
ALBARICOQUE	240	-	225	203	288	265	317	196
ALCACHOFA	746	328	577	558	746	544	534	457
ALMENDRA	1579	682	898	0	1034	0	882	2308
BERENJENA	73	107	151	131	258	210	104	145
CALABACÍN	35	23	27	38	47	24	27	17
CEBOLLA	302	172	102	113	155	147	59	93
CEREZA	455	-	375	375	-	763	346	412
CHIRIMOYA	213	333	-	257	-	-	222	-
CIRUELA	441	353	180	68	212	265	388	190
COL	105	68	149	146	126	139	73	136
COLIFLOR	216	237	236	226	290	325	152	227
ESPÁRRAGO	760	695	1428	1244	1500	974	780	1159
FRESA	-	140	572	367	57	705	402	122
GUISANTES	389	199	412	267	460	407	396	301
HABAS	156	106	138	139	183	212	238	204
JUDÍAS VERDES	243	210	300	315	460	271	198	134
LECHUGA	40	17	18	17	7	30	17	13
LIMÓN	70	33	0	101	55	0	35	135
MANDARINA	103	33	89	100	49	-	58	171
MANZANA	201	250	152	70	296	186	196	167
MELOCOTÓN	297	375	173	132	184	325	281	145
MELÓN	99	99	109	121	144	135	89	81
NARANJA	80	30	0	64	145	0	37	65
PEPINO	27	27	38	40	57	54	41	24
PERA	251	259	167	53	149	281	250	129
PIMIENTO	48	53	106	92	65	317	152	69
SANDÍA	50	77	83	112	107	121	60	35
TOMATE	49	84	166	49	94	96	59	47
ZANAHORIA	-	71	158	123	211	217	174	90

Fuente: Elaboración propia



Tabla 3. Rentabilidad Hídrica (RH) (Kg/m³)

	ALMERÍA	CÁDIZ	CÓRDOBA	GRANADA	HUELVA	JAÉN	MÁLAGA	SEVILLA
AGUACATE	1,9	5,3	-	4,5	3,3	-	4,4	3,8
AJO	2,8	7,6	6,5	6,1	3,3	6,3	4,6	8,4
ALBARICOQUE	4,2	-	4,4	4,9	3,5	3,8	3,2	5,1
ALCACHOFA	1,3	3,0	1,7	1,8	1,3	1,8	1,9	2,2
ALMENDRA	0,6	1,5	1,1	3,1	1,0	1,2	1,1	0,4
BERENJENA	13,7	9,3	6,6	7,7	3,9	4,8	9,6	6,9
CALABACÍN	28,3	43,1	36,7	26,5	21,1	41,3	36,7	58,9
CEBOLLA	3,3	5,8	9,8	8,8	6,5	6,8	17,0	10,8
CEREZA	2,2	-	2,7	2,7	-	1,3	2,9	2,4
CHIRIMOYA	4,7	3,0	-	3,9	-	-	4,5	-
CIRUELA	2,3	2,8	5,6	14,6	4,7	3,8	2,6	5,3
COL	9,5	14,6	6,7	6,9	7,9	7,2	13,6	7,4
COLIFLOR	4,6	4,2	4,2	4,4	3,4	3,1	6,6	4,4
ESPÁRRAGO	1,3	1,4	0,7	0,8	0,7	1,0	1,3	0,9
FRESA	0,0	7,1	1,7	2,7	17,6	1,4	2,5	8,2
GUISANTES	2,6	5,0	2,4	3,7	2,2	2,5	2,5	3,3
HABAS	6,4	9,4	7,3	7,2	5,5	4,7	4,2	4,9
JUDÍAS VERDES	4,1	4,8	3,3	3,2	2,2	3,7	5,1	7,5
LECHUGA	24,8	57,9	56,0	58,4	140,0	33,1	59,7	79,3
LIMÓN	14,2	30,0	8,0	9,9	18,1	-	28,3	7,4
MANDARINA	9,7	30,1	11,3	10,0	20,4	-	17,3	5,8
MANZANA	5,0	4,0	6,6	14,3	3,4	5,4	5,1	6,0
MELOCOTÓN	3,4	2,7	5,8	7,6	5,4	3,1	3,6	6,9
MELÓN	10,1	10,1	9,2	8,3	6,9	7,4	11,2	12,3
NARANJA	12,5	33,6	20,2	15,6	6,9	6,7	27,4	15,3
PEPINO	37,6	37,0	26,6	25,2	17,7	18,5	24,4	41,0
PERA	4,0	3,9	6,0	19,0	6,7	3,6	4,0	7,8
PIMIENTO	20,7	19,0	9,4	10,8	15,5	3,2	6,6	14,4
SANDÍA	20,1	13,0	12,0	8,9	9,4	8,3	16,7	28,5
TOMATE	20,3	12,0	6,0	20,3	10,6	10,4	17,1	21,4
ZANAHORIA	-	14,1	6,3	8,1	4,7	4,6	5,7	11,1

Fuente: Elaboración propia

Para completar el MH, hemos de estimar el agua virtual exportada (AVX) y el agua virtual importada (AVM)¹² (Tablas 4 y 5).

El agua virtual exportada ascendió a 166 Hm³, representando un 30% de la cantidad de agua que el sistema económico extrajo del sistema hídrico territorial para uso agrícola. A los flujos de exportación, Almería contribuye con un 53%; Huelva, con un 13% y Granada y Sevilla, con un 10% cada una. Los principales flujos tienen como destino Europa (98,2%) y están asociados al comercio de

tomate (13%), espárrago (8,5%), pimiento (7,9%) y fresa (7,8%), principalmente.

¹² Es importante recordar que estamos teniendo en cuenta el AV "real" para la exportación y la "teórica" para la importación.



Tabla 4. Agua Virtual Exportada (AVX) por provincias (Hm³)

	ALM	CÁD	CÓR	GRA	HUE	JAÉN	MÁL	SEV	TOT	%
AGUACATE	0,11	0,00	-	2,04	0,00	-	8,93	0,15	11	6,8
AJO	1,43	0,01	1,83	0,03	0,01	0,20	0,03	0,33	4	2,3
ALBARICOQUE	0,28	-	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,07	0	0,2
ALCACHOFA	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	1	0,5
ALMENDRA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,0
BERENJENA	4,49	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,00	5	2,7
CALABACÍN	6,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	6	3,7
CEBOLLA	0,06	0,19	0,57	0,48	0,02	0,00	0,17	0,28	2	1,1
CEREZA	0,05	-	0,00	0,01	-	0,00	0,00	0,01	0	0,0
CHIRIMOYA	0,00	0,00	-	0,00	-	-	0,00	-	0	0,0
CIRUELA	0,68	0,00	0,08	0,00	0,88	0,08	0,00	1,25	3	1,8
COL	0,90	0,17	0,01	0,80	0,00	0,00	0,01	0,01	2	1,1
COLIFLOR	0,52	0,42	0,00	0,08	0,01	0,00	0,01	0,30	1	0,8
ESPÁRRAGO	0,12	0,52	2,24	5,26	0,09	0,34	0,34	5,11	14	8,5
FRESA	-	0,32	0,01	0,00	12,19	0,01	0,02	0,29	13	7,8
GUISANTES	0,33	0,01	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,3
HABAS	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0	0,0
JUDÍAS VERDES	2,46	0,01	0,00	1,67	0,03	0,00	0,11	0,29	5	2,8
LECHUGA	3,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3	2,0
LIMÓN	6,76	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,31	0,01	7	4,3
MANDARINA	0,81	0,05	0,14	0,00	0,59	-	0,12	0,91	3	1,6
MANZANA	0,00	0,02	0,02	0,00	0,12	0,00	0,02	0,11	0	0,2
MELOCOTÓN	0,76	0,02	0,14	0,00	0,47	0,00	0,00	2,59	4	2,4
MELÓN	11,04	0,01	0,02	0,12	0,49	0,00	0,32	0,33	12	7,5
NARANJA	0,76	0,22	0,00	0,00	5,91	0,00	0,22	3,91	11	6,7
PEPINO	7,13	0,00	0,00	3,46	0,00	0,00	0,06	0,02	11	6,5
PERA	0,37	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,02	0,13	1	0,3
PIMIENTO	12,82	0,01	0,00	0,16	0,01	0,01	0,04	0,00	13	7,9
SANDÍA	6,07	0,03	0,42	0,09	0,15	0,00	0,02	0,18	7	4,2
TOMATE	19,42	0,06	0,00	2,40	0,04	0,00	0,36	0,00	22	13,5
ZANAHORIA	-	4,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,25	4	2,6
TOTAL	87	6	6	17	21	1	11	17	166	100
%	52,9	3,7	3,3	10,2	12,8	0,4	6,8	10,0	100	

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las importaciones de AV ascienden a 21 Hm³ procedentes principalmente de Europa (58%) Norteamérica (18%) y África (13%). Los flujos están en su mayoría asociados a la almendra (25%), el haba (32%), la manzana (11%) y las judías verdes (10%). Los principales destinos son Sevilla (38%), Córdoba (20,9%) y Almería (11,5%).



Tabla 5. Agua Virtual Importada (AVM) por provincias (Hm³)

	ALM	CÁD	CÓR	GRA	HUE	JAÉ	MÁL	SEV	TOT	%
AGUACATE	0,00	0,02	-	0,00	0,01	-	1,12	0,00	1,16	5,6
AJO	0,08	0,00	0,18	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,29	1,4
ALBARICOQUE	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
ALCACHOFA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
ALMENDRA	0,61	0,00	3,83	0,00	0,00	0,00	0,74	0,03	5,22	25,1
BERENJENA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
CALABACÍN	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,1
CEBOLLA	0,14	0,12	0,09	0,25	0,00	0,00	0,19	0,42	1,21	5,8
CEREZA	0,02	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,03	0,1
CHIRIMOYA	0,00	0,00	-	0,00	-	-	0,00	-	0,00	0,0
CIRUELA	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,1
COL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,0
COLIFLOR	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,3
ESPÁRRAGO	0,01	0,19	0,01	0,24	0,02	0,00	0,00	0,01	0,48	2,3
FRESA	-	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,09	0,17	0,8
GUISANTES	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,1
HABAS	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	5,01	6,58	31,6
JUDÍAS VERDES	1,32	0,21	0,01	0,33	0,02	0,00	0,00	0,17	2,06	9,9
LECHUGA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
LIMÓN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,0
MANDARINA	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,03	0,06	0,3
MANZANA	0,03	0,09	0,21	0,04	0,00	0,00	0,06	1,80	2,23	10,7
MELOCOTÓN	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,1
MELÓN	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,6
NARANJA	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,17	0,38	1,8
PEPINO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,1
PERA	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,4
PIMIENTO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,1
SANDÍA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,1
TOMATE	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,08	0,4
ZANAHORIA	-	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	2,1
TOTAL	2	2	4	1	0	0	3	8	20,81	0,00
%	11,5	7,5	20,9	4,3	1,3	0,0	16,4	38,1	100	

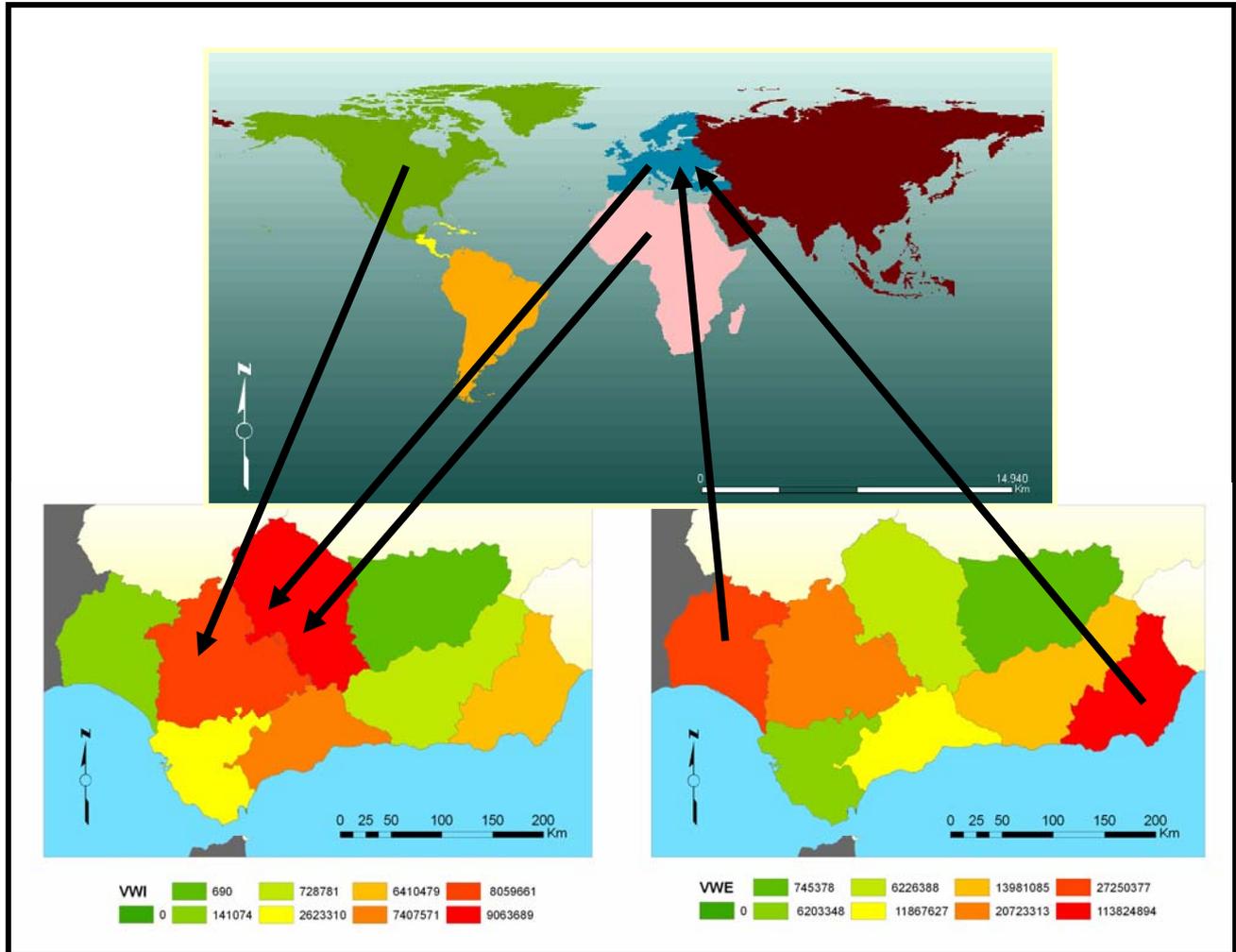
Fuente: Elaboración propia

El movimiento neto de AV en Andalucía para los productos estudiados es de exportación en todas las provincias. En lo que a productos hortofrutícolas se refiere; dada las condiciones territoriales e hídricas de la región no parece que ésta situación sea muy razonable¹³. La figura 4 muestra los principales flujos de agua virtual entre Andalucía y el mundo.

¹³ Es importante resaltar también que, dado que no hemos podido tener en cuenta el comercio entre Andalucía y el resto de España debido a las limitaciones estadísticas comentadas, esta idea podría verse reforzada al incluirse dicho comercio.



Figura 4: Principales orígenes y destinos de los flujos de agua



Fuente: Elaboración propia

Para completar el análisis, presentamos los flujos monetarios (véase Tabla 6 y 7) que discurren en sentido inverso a los flujos hídricos. La exportación generó unos ingresos que ascienden a 2.223 mill €, provenientes casi en su totalidad de Europa, asociados principalmente al comercio de tomate (17%), pimienta (16%) y fresa (15%) procedentes, fundamentalmente, de Almería (58%) y Huelva (14%). Al comparar estos flujos con los flujos de salida de agua, nos encontramos que tanto las principales provincias exportadoras, como sus porcentajes son muy similares pero se aprecian algunos cambios en los productos. Cuando nos planteamos si el precio de los productos tiene una relación con el consumo de agua, encontramos que existe alguna desconexión entre ambos. Por ejemplo, la

proporción en que contribuye el espárrago al flujo monetario de entrada es menor que la proporción con la que contribuía en los flujos de agua de salida.

Tabla 6. Rentabilidad Monetaria del Agua de Exportación e Importación por provincia ($\text{€}/\text{m}^3$)

	RME	RMI
JAÉN	4,15	3,42
MÁLAGA	7,92	2,61
CÁDIZ	8,23	3,01
CÓRDOBA	10,32	4,26
SEVILLA	10,37	2,42
GRANADA	10,87	4,16
ALMERÍA	14,84	3,52
HUELVA	17,52	1,85
MEDIA	10,52	3,15

Fuente: Elaboración propia



Tabla 7. Rentabilidad Monetaria del Agua de Exportación e Importación por cultivo (€/m³)

€/m ³	RME	RMI
AGUACATE	5,89	5,19
AJO	5,84	4,56
ALBARICOQUE	6,62	3,67
ALCACHOFA	1,44	0,80
ALMENDRA	0,00	3,62
BERENJENA	11,63	13,16
CALABACÍN	20,00	21,63
CEBOLLA	2,87	2,66
CEREZA	7,05	3,54
CIRUELA	4,46	3,50
COL	5,14	8,20
COLIFLOR	4,03	3,65
ESPÁRRAGO	2,57	1,82
FRESA	25,49	9,37
GUISANTES	5,32	2,08
HABAS	2,75	0,85
JUDÍAS VERDES	6,90	3,85
LECHUGA	23,84	39,90
LIMÓN	1,36	4,52
MANDARINA	8,27	6,23
MANZANA	3,74	4,68
MELOCOTÓN	10,17	3,50
MELÓN	8,15	10,47
NARANJA	8,55	4,16
PEPINO	22,79	32,29
PERA	4,38	5,15
PIMIENTO	28,86	14,74
SANDÍA	9,02	7,26
TOMATE	17,04	12,51
ZANAHORIA	7,75	3,10
MEDIA	9,06	8,02

Fuente: Elaboración propia

Por último, observamos que la rentabilidad monetaria de la exportación de AV es mucho mayor que la de la importación, dejando ver que la región sigue una estrategia de exportación de agua a cambio de importación monetaria.

7. Conclusiones

Un trabajo como el propuesto nos ofrece conclusiones a diferentes niveles. En primer lugar, el estudio de los flujos físicos nos permite averiguar el impacto que una economía tiene sobre el medio a escala

global. Aunque los análisis realizados hasta la fecha sobre flujos de materiales han excluido los flujos de agua, o le han dado un tratamiento secundario, es importante incluirlos.

Las peculiares características del agua, tanto por la magnitud de sus flujos como por la territorialidad y la temporalidad que caracterizan su disponibilidad, hacen interesante la propuesta de su consideración mediante lo que hemos denominado Metabolismo Hídrico. De esta manera, proponemos definir el concepto de MH como los flujos físicos de agua de una economía, considerando tanto las entradas y salidas reales y virtuales de agua del proceso económico como las relaciones internas que se producen en el seno de un sector productivo.

Metodológicamente entendemos que un concepto como el propuesto debe ser analizado desde un planteamiento sistémico-coevolutivo por lo que se completa y profundiza en el análisis de flujos físicos incluyendo los siguientes análisis: (1) análisis de flujos monetarios generados por el sistema, (2) variables territoriales y temporales.

Para analizar los flujos físicos de agua hemos recurrido al concepto de AV, estimando sus flujos y pudiendo afirmar que este indicador podría contribuir a alcanzar un equilibrio en el reparto de los recursos, sin la necesidad de transportar agua de forma física.

Las principales conclusiones derivadas de las estimaciones realizadas son las siguientes:

(1) En el sistema estudiado, las exportaciones de agua virtual alcanzan el 30% del uso de agua.

(2) A nivel provincial, es en Almería, la provincia más árida, donde se genera el mayor flujo neto de salida de agua virtual, así como el mayor consumo de agua.

(3) Si nos centramos en los destinos, cabe destacar que prácticamente la totalidad de las exportaciones son enviadas a un país europeo, debido a que la apertura a este mercado supuso para la agricultura andaluza



una base para el comienzo de la intensificación que aún permanece y detectándose, por lo tanto, que la explotación de los recursos es dependiente del mercado global de alimentos.

(4) Las importaciones contribuyen a aumentar los recursos en un bajo nivel; aunque la procedencia es más diversa que para el caso de las exportaciones, el origen predominante sigue siendo Europa.

(5) Mientras que las exportaciones de productos y el AV guardan cierta relación en cuanto a la procedencia de los mismos, los principales destinos de las importaciones cambian según hablemos de la importación de productos o de agua.

(6) En muchos casos, la proporción con la que el producto o la provincia contribuye al uso del agua no concuerda con su contribución monetaria, detectándose algún tipo de desconexión entre ambos flujos en la que sería interesante profundizar.

(7) Para el año 2004 se produjeron mayores exportaciones que importaciones en términos de AV. Se confirma pues la inadecuación de la planificación agrícola y territorial con la gestión hídrica.

(8) Según lo anterior, la escasez física de la región se ve acentuada por la escasez social creada al exportar AV.

(9) La especialización de la región como exportadora de AV deteriora sus términos de intercambio por sobreexplotación de los recursos. Podríamos decir que hay un Intercambio Hidrológicamente Desigual.

REFERENCIAS

Agencia Española de Aduanas. 2005. Cámara de Comercio. Base de datos de comercio exterior. Disponible en: <http://aduanas.camaras.org/>

Agencia Estatal de Administración Tributaria (AEAT). 2006. Estadísticas de Aduanas. Disponible en: <http://www.aeat.es>. Consultado en octubre 2006.

Aguilera, F. 1993. El problema de la planificación hidrológica: una perspectiva diferente. Revista de Economía Aplicada Vol. 1, No. 2: 209-216.

Aguilera F. 1994. Agua, economía y medio ambiente: interdependencias físicas y la necesidad de nuevos conceptos. Revista de Estudios Agrosociales No. 167.

Aguilera, F. 1995. El agua como activo económico, social y ambiental. El Campo No. 132: 15-27.

Allan, J. A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. In: ODA, Priorities for water resources allocation and management, London: ODA.

Allan, J. A. 1994. Overall perspectives on countries and regions. In: Rogers, P. & P. Lydon. Water in the Arab World: perspectives and prognoses. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Allan, J. A. 1998. Virtual water: a strategic resource. Global solutions to regional deficits. Groundwater Vol. 36, No. 4: 545-546.

CAP. 2002. Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía. Versión 2002. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

CAP. 2005. Informe del sector agrario 2004. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

Carpintero, O. 2005. El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000). Economía vs. Naturaleza. Madrid: Fundación César Manrique.

Consejería de Medio Ambiente (CMA) de la Junta de Andalucía. 2007. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web>

Ciriacy-Wantrup S. V. & R. C. Bishop. 1992. La propiedad común como concepto en la política de recursos naturales. En: Aguilera, F. (coord). Economía del Agua. Madrid: MAPA. Publicado originalmente como documento de investigación de la Giannini Foundation en Natural Resources Journal No. 15: 713-727. Octubre de 1975.

Chapagain, A. K. & A. Y. Hoekstra. 2003a. The water needed to have the Dutch drink coffee. Value of Water Research Report Series No. 14. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.

Chapagain, A. K. & A. Y. Hoekstra 2003b. The water needed to have the Dutch drink tea. Value of Water Research Report Series No. 15. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G & R. Gautam. 2006a. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics Vol. 60, No. 1: 186-203.

Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. & H. H. G Savenije 2006b. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrology and Earth s

System Sciences Vol. 10, No. 3: 10: 445-468.

Delgado, M. & M. A. Aragón. 2006. Los campos andaluces en la globalización. Almería y Huelva,



fábricas de hortalizas. En: Etxezarreta, M. (coord). La evolución de la agricultura española a principios del siglo XXI. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Dietzenbacher, E. & E. Velázquez. 2007. Analysing Andalusia virtual water trade in an input-output framework. *Regional Studies* Vol. 41, No. 2: 185.

Eurostat (ed). 2001. Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide. Luxembourg: Eurostat.

Fishelson, G. (ed). 1989. Economic Cooperation in the Middle East. Boulder, Colorado: Westview Press.

Fischer-Kowalski, M. 1998. Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860- 1970. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2, No. 1: 61-78.

Fraiture, C. de, Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M. & D. Molden. 2004. Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use. *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Research Report 4*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Guan, D. & K. Hubacek. 2007. Assessment of regional trade and virtual water flows in China. *Ecological Economics* Vol. 61, No. 1: 159-170.

Hoekstra, A. Y. 2003. Virtual Water. An Introduction. In Hoekstra (ed). *Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12*. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.

Hoekstra, A. Y. & A. K. Chapagain. 2007a. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management* Vol. 21, No. 1: 35-48.

Hoekstra, A. Y. & A. K. Chapagain. 2007b. The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. *Ecological Economics* Vol. 64, No. 1: 143-151.

Hoekstra, A. Y. & P. Q. Hung. 2002. Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series No. 11*. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education.

Hoekstra, A. Y. & P. Q. Hung. 2005. Globalisation of water resources: international virtual water flow in relation to crop trade. *Global Environmental Change* Vol. 15, No. 1: 45-56.

IEA. Instituto de Estadística de Andalucía. Anuario estadístico de Andalucía 2005. Disponible en <http://www.juntadeandalucia.es/iea/anuario/anuario05/anuario05c06.htm#272>. Consultado en mayo 2006.

Madrid, C. 2007. Hidratar el metabolismo socioeconómico: los flujos de agua virtual y el

metabolismo hídrico. Una aproximación al sector hortofrutícola andaluz. Trabajo de Investigación para la obtención del DEA. Doctorado en Ciencias Ambientales- Economía Ecológica. Universidad Autónoma de Barcelona.

Matthews, E.; Amann, C.; Fischer-Kowalski, M.; Bringezu, S.; Hüttler, W.; Kleijn, R.; Moriguchi, Y.; Ottke, C.; Rodenburg, E.; Rogich, D.; Schandl, H.; Schütz, H.; van der Voet, E.; Weisz, H. 2000. The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies. Washington, D. C.: World Resources Institute.

Meerganz, von M. G. 2005. Direct' and socially-induced environmental impacts of desalination. *Desalination* Vol. 185: 57-70.

Naredo, J. M. 1997. Problemática de la gestión del agua en España. En: VVAA. La gestión del agua en España. Fundación Argentaria-Visor.

Naredo, J. M. 2006. Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas. Madrid: Siglo XXI.

Norgaard, R. B. 1994. Development Betrayed: the End of Progress and a Coevolutionary Revisioning of the Future. London: Routledge.

PAMA. Plan andaluz de Medio Ambiente. (2004-2010). En: Consejería de Medio Ambiente (CMA). 2005. Servicio de publicaciones. Sevilla. Disponible en: <http://www.cma-juntaandalucia.es>. Consultado en octubre 2006.

Qadir, M.; Boers, T. M.; Schubert, S.; Ghafoor, A. & G. Murtanza. 2003. Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities. *Agricultural Water Management* Vol. 62, No. 3: 165-185.

Velázquez, E. 2006. An input-output model of water consumption: analysing intersectoral water relationships in Andalucía. *Ecological Economics* Vol. 56, No. 2: 226-240.

Velázquez, E. 2007. Water trade in Andalusia. Virtual water: an alternative way to manage water use. *Ecological Economics* Vol. 63, No. 1: 201-208.

Wichelns, D. 2004. The policy relevante of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages. *Agricultural Water Management* Vol. 66, No. 1: 49-63.

Yang, H. & A. J. B. Zehnder. 2002. Water scarcity and food import: a case study for Southern Mediterranean countries. *World Development* Vol. 30, No. 8: 1413-1430.

Zimmerman, E. W. 1967. Introducción a los recursos mundiales. Barcelona, España: Oikos-Tau ediciones.