

ECO-EFICIENCIA EN EL REGADÍO: ALGUNAS PERSPECTIVAS EN EL VALLE DEL EBRO

E. PLAYÁN¹, R. SALVADOR², N. ZAPATA¹

¹ Departamento de Suelo y Agua, Estación Experimental de Aula Dei (CSIC). Grupo de Investigación Riego, Agronomía y Medio Ambiente. Apdo. 13.034, 50080 Zaragoza. enrique.playan@csic.es, vzapata@eead.csic.es

² Unidad de Suelos y Riegos. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA). Gobierno de Aragón. Grupo de Investigación Riego, Agronomía y Medio Ambiente. Unidad Asociada al CSIC. Avda. Montañana, 930. 50059. Zaragoza. rsalvadore@aragon.es

RESUMEN

La eco-eficiencia de una determinada actividad se puede expresar como la relación entre el impacto ambiental que ocasiona y el valor añadido que produce. Desde inicios de los años noventa del siglo pasado el concepto de eco-eficiencia ha tenido un rápido desarrollo en el ámbito político. Además se ha desarrollado una intensa actividad científica acerca de la eco-eficiencia del agua, que no ha penetrado el ámbito del regadío. En este trabajo se realiza una primera aproximación a la eco-eficiencia de los regadíos del valle del Ebro, con la perspectiva temporal del siglo XXI. Esto lleva a considerar fundamentalmente los cambios introducidos por las políticas de modernización de regadíos. Lejos de poder considerar la eco-eficiencia en sentido global, se apuntan tres variables de impacto ambiental: el agua, los fertilizantes y la energía.

Palabras clave: *Regadío, agua, fertilizantes, energía, ahorro, eficiencia, ambiental.*

ABSTRACT

The eco-efficiency of a particular activity can be expressed as the ratio between its added environmental impact and its added value. Since the early nineties of the last century, the concept of eco-efficiency has experienced rapid development in the political arena. An intense scientific activity can be observed around water eco-efficiency, which has not penetrated the field of irrigation. In this work a preliminary approach to eco-efficiency of irrigation in the Ebro valley is presented, with the time perspective of the 21st century. This leads to consider the changes introduced by the Spanish policies of irrigation modernization. Far from considering eco-efficiency in a global sense, three aspects of environmental impact have been used in this work: water, fertilizer and energy.

Key words: *Irrigation, water, fertilizers, energy, conservation, efficiency, environmental.*

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de eco-eficiencia ha tenido un rápido desarrollo científico y político desde los años noventa del siglo pasado. Mahlberg & Luptacik (2014) asignan la primera formulación del concepto a Schaltegger y Sturm (1989). Estos autores definieron la eco-eficiencia de una determinada actividad con una perspectiva técnica como el ratio entre el impacto ambiental añadido y el valor añadido. El “World Business Council for Sustainable Development” (WBCSD, 2000) recogió este concepto poco después, y lo redefinió con una perspectiva más amplia diciendo que “se consigue eco-eficiencia cuando se producen bienes y servicios a precio competitivo que satisfacen las necesidades humanas y aportan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad en el uso de los recursos hasta niveles compatibles con la capacidad del planeta”.

En estos quince años el concepto de eco-eficiencia ha ido evolucionando hasta llegar a definiciones de tipo político, que han tenido particular calado en la Comisión Europea. Así, la iniciativa emblemática sobre eficiencia en el uso de los recursos en Europa¹ supone una evolución y una aplicación del concepto de eco-eficiencia. Esta iniciativa orienta el concepto de eco-eficiencia hacia el desarrollo de una economía eficiente en recursos y baja en carbono que permita progresar hacia el desarrollo económico. Esta perspectiva política pone énfasis en objetivos más cortoplacistas y económicos. Desde

otra perspectiva Europea, la de las políticas de investigación, el impulso hacia la innovación que impregna el Programa Horizonte 2020 y muchas otras políticas europeas ha dado lugar al concepto de eco-innovación, que se muestra íntimamente ligado a la eco-eficiencia. Esto ha supuesto cambios tanto en la oferta de temas de investigación para convocatorias competitivas como en la propia estructura de la Dirección General de Investigación e Innovación. Así, la unidad de “Tecnologías Ambientales” ha tomado recientemente el nombre de “Eco-innovación”.

El crecimiento de la actividad científica alrededor de la eco-eficiencia queda patente por el crecimiento lineal del número de referencias bibliográficas que contienen este término. Recientemente se han alcanzado las cien referencias anuales (Web of Science). Al mismo tiempo, las referencias sobre eco-eficiencia han tenido un crecimiento exponencial en citas, hasta alcanzar las mil quinientas anuales, con un h de Hirsch de 36. En torno al diez por ciento de estas referencias están relacionadas con el agua, con un h de 13, lo que subraya la importancia económica y ecológica de este sector, así como los riesgos que amenazan a su sostenibilidad.

A pesar del desarrollo de la eco-eficiencia en los recursos hídricos, tan sólo dos artículos científicos hasta la fecha guardan relación con los problemas específicos del regadío. Esto resulta sorprendente, particularmente cuando desde 1990 se han publicado más cien mil artículos sobre riegos. El diagnóstico de los autores es que

1. Comisión Europea. A resource-efficient Europe – Flagship initiative of the Europe 2020 Strategy. <http://ec.europa.eu/resource-efficient-europe/> Consultado el 10 de abril de 2014.

muy probablemente en esta disciplina hemos tenido poca visión de la problemática general, y nos hemos centrado demasiado en los detalles técnicos. Volviendo a los dos artículos sobre el tema, desde Nueva Zelanda Clothier *et al.* (2009) analizaron la eco-eficiencia del regadío desde la perspectiva del recurso agua, centrándose en los aspectos fisiológicos y relacionándola con el concepto de agua virtual. En Australia, Azad & Ancev (2010) aplicaron un concepto similar a la eco-eficiencia, pero más sencillo, a la evaluación económica y ambiental del uso del agua en los regadíos de la zona de Murray-Darling (Australia).

En la actualidad se está desarrollando el proyecto ECO-Water² (Meso-level Eco-efficiency Indicators to Assess Technologies and their Uptake in Water use Sectors). Se trata de un proyecto del Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea, coordinado por la Universidad Técnica Nacional de Atenas, Grecia. Este proyecto pretende estandarizar procedimientos y obtener indicadores acerca de la eco-eficiencia de los sistemas hídricos urbanos, industriales y agrícolas. Dos sistemas agrícolas están siendo considerados, localizados en Italia y Portugal. Los indicadores de eco-eficiencia identificados por el proyecto para el sector agrario incluyen:

- Potencial de calentamiento global (€/kg CO₂)
- Abstracción de aguas subterráneas (€/m³)
- Uso de energía (€/kWh)
- Pérdidas de agua en la red (€/m³)

Todos estos indicadores comparan el beneficio obtenido por la actividad agraria

con cuatro variables ambientales. Los cuatro indicadores guardan relación con la definición propuesta por Schaltegger & Sturm (1989). Sin embargo, los indicadores de ECO-Water sitúan el beneficio en el numerador, lo que es compatible con el concepto general de eficiencia. Por otro lado, los indicadores muestran tres problemas conceptuales relevantes:

- El beneficio obtenido puede contabilizarse de muchas maneras: ingresos brutos, margen bruto de explotación (ingresos menos gastos variables) y margen neto de explotación (ingresos menos gastos fijos y variables);
- El beneficio (numerador) y el coste (denominador) de cada indicador no están expresados en las mismas unidades; y
- No se propone un único indicador para la eco-eficiencia del uso del agua en la agricultura.

Estos problemas dificultan la comparación con otros sectores usuarios del agua. Sin embargo, para resolver estos problemas sería preciso disponer de valoraciones económicas de los costes ambientales, lo que no se plantea como un problema sencillo.

El objetivo de este trabajo no es realizar una contribución analítica ni exhaustiva a la eco-eficiencia del regadío, sino el despuntar algunos aspectos que afectan a la eco-eficiencia de los regadíos del valle del Ebro, con especial referencia a tres de las dimensiones del problema: el consumo de agua, la contaminación ligada a los fertilizantes y el consumo de energía para los bombeos. Usando estas tres variables

2. <http://environ.chemeng.ntua.gr/ecoWater/>

como indicadores de impacto ambiental, discutiremos brevemente cómo los regadíos de esta zona se sitúan en el ámbito de la eco-eficiencia, y cuál ha sido su evolución reciente, particularmente en el marco de las políticas de modernización de regadíos que se han venido desarrollando desde inicios del siglo XXI.

2. ECO-EFICIENCIA EN EL VALLE DEL EBRO

La Tabla 1 presenta el esquema conceptual de análisis de la eco-eficiencia del regadío del valle del Ebro, que está basado en un número de hipótesis. La tabla presenta datos para algunos cultivos típicos del valle (cebada, alfalfa, maíz y melocotón). Los tres primeros resultan adecuados para el análisis de la modernización de regadíos porque para ellos es posible recoger datos acerca de su situación antes y después del proceso. En el caso del melocotón, desde hace más de una década las explotaciones casi exclusivamente usan riego por goteo, por lo que no están afectadas por la modernización de regadíos.

La modernización de regadíos se ha realizado fundamentalmente en áreas de fuerte intervención estatal durante el siglo XX. Estas áreas están frecuentemente dedicadas a los cultivos extensivos. En ellas, la modernización ha permitido pasar del riego por gravedad al riego por aspersión, con una inversión variable pero en general cercana a unos quince mil euros por hectárea, que ha sido asumida por los agricultores y las administraciones públicas en proporciones variables. Esta inversión es en muchos casos similar al coste de la tierra. La puesta en marcha de distintos modelos económicos de modernización de regadíos, aplicados tanto a las redes

colectivas como a las inversiones en las parcelas de agricultores, dificulta la estimación de la contribución pública y privada a estas inversiones. Por otro lado, el hecho de que algunos modelos financieros se basen en subvencionar los intereses complica más esta evaluación. En general se puede estimar que la inversión pública ha oscilado entre un 40 y un 60% del coste total. Un incremento de la eco-eficiencia del regadío puede ser considerado como un argumento a favor de estas importantes inversiones que en muchos casos han resultado en la titularidad pública de redes colectivas presurizadas de riego.

El trabajo de Salvador *et al.* (2011), que explota la base de datos de uso del agua en el regadío presentada por Martínez-Cob *et al.* (2005), ha permitido obtener aproximaciones acerca del margen bruto y el uso del agua de los cuatro cultivos seleccionados.

En cuanto a la contaminación por fertilizantes, este trabajo se ha centrado en la contaminación de las aguas por nitratos. Esta es una opción claramente reduccionista, puesto que se pueden considerar otras formas contaminantes de pérdidas de nitrógeno en la agricultura, y puesto que otros fertilizantes —como el fósforo— tienen un elevado potencial contaminante en las condiciones del valle del Ebro (Dechmi *et al.*, 2013). Volviendo a la contaminación por nitratos, el Grupo de Riego, Agronomía y Medioambiente acumula una extensa experiencia en el diagnóstico de este problema en el valle del Ebro (Barros *et al.*, 2012). Sin embargo, los estudios realizados se centran en subcuenas y no permiten estimar las pérdidas de nitratos en diferentes cultivos, tal como se manejan en este estudio. Es por ello que

Tabla 1. Elementos para la estimación de eco-eficiencia de diferentes cultivos en el valle del Ebro. Los datos se presentan para cuatro cultivos, antes y después de la modernización de regadíos. Se aportan estimaciones de margen bruto, uso del agua, exportación de nitrógeno nítrico en las aguas de retorno del riego, y uso de energía. Con estos datos se determina la eco-eficiencia respecto del uso del agua (EE_A), la contaminación por nitratos (EE_N) y el uso de energía (EE_E).

Cultivo	Riego	Margen bruto 10 ³ €/ha (1)	Agua		Fertilizantes		Energía	
			Uso 10 ³ m ³ /ha (2)	EE_A €/m ³ (1) / (2)	Export. Kg N/ha (3)	EE_N €/kg N (1) / (3)	Uso kWh/ha (4)	EE_E €/kWh (1) / (4)
Cebada	Antes	0.53	1.9	0.28	-	-	0	∞
	Después	0.68	2.6	0.26	-	-	733	0.93
Alfalfa	Antes	0.86	10.7	0.08	-	-	0	∞
	Después	0.95	8.6	0.11	-	-	2.425	0.39
Maíz	Antes	1.05	8.1	0.13	128	8.2	0	∞
	Después	1.15	7.2	0.16	40	28.8	2.030	0.57
Melocotón	Antes	-	-	-	-	-	-	-
	Después	5.37	5.9	0.91	-	-	1.664	3.23

se ha recurrido al estudio de Pratt (1984), del que se han extraído datos únicamente para el cultivo del maíz. Estos datos son claramente compatibles con los datos que se vienen obteniendo en el valle del Ebro. Así, Barros *et al.* (2012) encontraron que con la modernización se redujo la contaminación desde 106 a 22 kg de nitrógeno nítrico por hectárea.

Finalmente, los estudios de Stambouli *et al.* (2012) permitieron identificar un escenario plausible de costes energéticos para los cultivos analizados. La primera premisa es que los sistemas de riego por gravedad del valle del Ebro en general no necesitan presurización del agua, ya que ésta llega a las zonas regables por gravedad. Respecto de las zonas modernizadas a riego por aspersión y goteo, se ha considerado un consumo medio e igual para los dos sistemas de riego, que se re-

laciona con la presurización del agua que se encuentra al nivel de la parcela. Este escenario resulta frecuente en el valle del Ebro, pero son igualmente frecuentes las situaciones en las que no es preciso añadir energía para presurizar (toda la energía se obtiene del desnivel) o las situaciones en las que hay que presurizar para regar tierras que se encuentran más elevadas que la fuente de agua. Los datos de energía tras la modernización están sujetos a una relevante incertidumbre.

3. EL CASO DEL AGUA

En el caso del agua de riego, la eco-eficiencia (EEA) se encuentra ligada a los sistemas de producción anteriores y posteriores a la modernización, aunque sí puede observarse un claro aumento del margen bruto tras la modernización. Así, analizando los datos de la Tabla 1 por cul-

tivos, puede verse cómo en alfalfa y maíz los resultados de la modernización son similares. En estos cultivos, el cambio de sistema de riego se encuentra ligado a un aumento de margen bruto y, a su vez, a una disminución del consumo de agua de riego asociado a la mayor eficiencia de aplicación que presentan los sistemas presurizados. En la cebada no sucede lo mismo ya que, aunque aumenta el margen bruto, el consumo de agua crece en un 37% tras la modernización, lo que hace que su eco-eficiencia sea menor que antes de la transformación. Esto es debido a que el riego de los cereales de invierno en los sistemas tradicionales no se realiza a demanda, sino que más bien es tratado como un riego de apoyo al cultivo. Sin embargo, en los sistemas modernizados, el riego de los cereales de invierno se aplica en volumen suficiente para cubrir por completo las necesidades hídricas de los cultivos. La EEA de la cebada resulta más alta que la del maíz o la alfalfa, en buena medida porque la cebada usa el agua de lluvia en mayor proporción que los otros dos cultivos.

El caso de los frutales ha de ser considerado de forma independiente, ya que son cultivos con muy elevados márgenes brutos y en los que se encuentra generalizado el riego deficitario controlado. Este tipo de riego busca maximizar la producción y calidad de la fruta con el mínimo desarrollo vegetativo posible, lo que hace que la eco-eficiencia en el agua de riego sea la más elevada de todos los cultivos presentados.

En general, las producciones en los cultivos regados con sistemas de riego presurizado son mayores debido a la posibilidad de poder aplicar el agua en el

momento y en la cantidad en la que el cultivo la necesita. A igualdad del resto de condiciones, un mayor rendimiento de los cultivos se encuentra ligado a una mayor evapotranspiración y, por lo tanto, a unas mayores necesidades hídricas (Steduto *et al.*, 2012). La satisfacción de dichas necesidades hace que el consumo de agua de los cultivos regados por sistemas presurizados sea mayor. En este contexto resulta necesario separar los conceptos de uso y consumo del agua de riego. Mientras el uso de agua de riego es el volumen de agua aplicado en parcela, el consumo es básicamente el agua que se invierte en el proceso de evapotranspiración. Así, en sistemas modernizados confluye un menor uso del agua (mayor eficiencia de los sistemas de riego) con un mayor consumo (mayor evapotranspiración y por lo tanto mayor producción), maximizando así la eco-eficiencia en el uso del agua de riego. De hecho, en zonas de riego modernizadas es común que el consumo de agua por hectárea y año resulte mayor que antes de la modernización. Esto es debido tanto al aumento de producción (y de consumo) como a la inclusión de segundas cosechas en la rotación de cultivos, de forma que la productividad por hectárea resulte más elevada y así se acelere la amortización de las inversiones de modernización de regadíos. Por ejemplo, en Riegos del Alto Aragón, el consumo de agua aumentó sensiblemente tras la modernización de sus regadíos (Lecina *et al.*, 2011).

4. EL CASO DE LOS FERTILIZANTES

Los datos disponibles no permiten hacer un análisis extensivo de esta variable, ya que se refieren únicamente al caso del maíz. Sin embargo, el maíz es junto con la

alfalfa uno de los cultivos predominantes en el valle del Ebro. Entre estos dos cultivos ocupan el 37% de la superficie de estudio. La modernización del regadío reduce la contaminación de las aguas por nitrógeno nítrico a una tercera parte. Según Barros *et al.* (2012), esta reducción se debe a una combinación de factores. Por un lado, se disminuye la aplicación de fertilizantes y por otro lado se aumenta la eficiencia de riego. Estos factores están relacionados, ya que los regantes aplican menos fertilizantes porque saben que la eficiencia de la fertilización aumenta con la eficiencia de riego. Los datos de la Tabla 1 permiten estimar que la eco-eficiencia respecto de la contaminación por nitratos (EEF) aumentó de 8.2 a 28.8 €/kg N con la modernización de los regadíos. Esta cifra ilustra uno de los grandes beneficios de la modernización: el control de la calidad de las aguas frente a los nitratos. Es por ello que la modernización de los regadíos puede realizar una contribución decisiva al cumplimiento de las Directivas Marco del Agua y de Nitratos en zonas agrícolas semiáridas.

Lamentablemente no es posible en el marco de este trabajo especular sobre la eco-eficiencia de otros cultivos de regadío en la zona de estudio. La comparación del maíz con la alfalfa (que en general no recibe abono nitrogenado), con cultivos menos intensivos en agua (como la cebada) o con cultivos de alto rendimiento económico como los frutales, permitiría establecer conclusiones de calado acerca de la planificación agrícola. Finalmente, la interacción de los fertilizantes minerales con los orgánicos plantea numerosas preguntas acerca de la eco-eficiencia. Estos problemas merecerán sin duda esfuerzos adicionales de investigación en el futuro.

5. EL CASO DE LA ENERGÍA

Uno de los efectos de la modernización de los regadíos es el incremento del consumo energético. Según Corominas (2010) el consumo de energía medio por hectárea en el territorio nacional se ha incrementado desde 2006 en un 657%. Los datos de los consumos energéticos por hectárea que se presentan en la Tabla 1 son representativos de una comunidad de regantes con una altura media de bombeo de 75 metros de columna de agua. Este valor de presión es representativo de numerosas zonas modernizadas del valle del Ebro. En estas condiciones los requerimientos energéticos por hectárea varían entre los 733 Kwh para el cultivo de la cebada hasta los 2.425 Kwh para la alfalfa. Los resultados indican que cuando es necesario bombear el agua, los regadíos modernizados pierden eco-eficiencia energética. Así, los regadíos sin necesidad de bombeo tienen una EEF infinita, mientras que los que requieren aplicar energía reducen este índice a valores finitos, que se sitúan entre los 0.39 €/kWh para el cultivo de la alfalfa, hasta los 3.23 €/kWh para el cultivo del melocotón.

Numerosos trabajos de investigación se han orientado hacia la mejora de la EEF optimizando los bombeos (Carrillo-Cobo *et al.*, 2010; Lamaddalena & Khila, 2012). Sin embargo, es necesario seguir avanzando en la optimización energética de todo el sistema de riego, prestando atención también al riego en parcela. La reducción de la presión necesaria en el emisor (aspersor) supondría un ahorro considerable de energía en muchas zonas y en otras podría evitar la instalación de estaciones de bombeo. Sin embargo, este escenario supone en muchos casos una pérdida en la

calidad del riego lo que disminuye la eco-eficiencia del agua. Por otro lado, la reducción de las pérdidas en las conducciones y en puntos singulares como los hidrantes, también mejoraría la EEE. Cualquiera de estas alternativas resulta interesante en regadíos actuales o futuros si el incremento del coste de instalación (o de reforma de instalaciones existentes) y la afección a la calidad del riego (EEA) son inferiores a la mejora de la eco-eficiencia energética.

6. CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este trabajo constituyen una primera aproximación a la caracterización de la eco-eficiencia de los regadíos del valle del Ebro, y a los cambios (positivos y negativos) inducidos por la modernización de regadíos. Los indicadores seleccionados representan una contribución al problema de la eco-eficiencia del regadío, que se encuentra en un estado incipiente de desarrollo científico-técnico. El uso de diferentes índices de eco-eficiencia ha permitido evaluar diferentes aspectos y su evolución temporal reciente. Sin embargo, la comparación entre indicadores sigue siendo subjetiva: ¿Compensa la mejora de la eficiencia respecto del uso del agua y la contaminación por nitratos el empeoramiento de la eficiencia energética y las inversiones realizadas? ¿Hasta qué punto deben las inversiones realizadas confrontarse con la eco-eficiencia y hasta qué punto se pueden considerar rentables por contribuir a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad social y económica del regadío? Por otro lado, los índices utilizados plantean muchas dudas metodológicas. La utilización en la eco-eficiencia del consumo del agua en lugar del uso resulta a priori más indicada en las condiciones del

valle del Ebro, en el que el agua está sujeta a una cascada de reutilizaciones. Por otro lado, la consideración de otros contaminantes agrarios o la de la eco-eficiencia energética necesita de la concepción integral que aporta el análisis del ciclo de la vida de los productos agrarios, así como de una valoración económica de los impactos ambientales. Todos estos aspectos serán sin duda objeto de investigación en las próximas décadas.

7. REFERENCIAS

- Azad, M.A.S. & Ancev, T. (2010): Using ecological indices to measure economic and environmental performance of irrigated agriculture. *Ecological Economics*, 69(8):1731-1739.
- Barros, R., Isidoro, D. & Aragüés, R. (2012): Irrigation management, nitrogen fertilization and nitrogen losses in the return flows of La Violada irrigation district (Spain). *Agriculture Ecosystems & Environment*, 155:,161-171.
- Carrillo-Cobo, M., Rodríguez Díaz, J., Montesinos, P., López Luque, R. & Camacho-Poyato, E. (2010): The role of energy audits in irrigated areas. The case of 'Fuente Palmera' irrigation district (Spain). *Span. Journal Agricultural Research*, 8(S2): 152-161.
- Clothier, B., Green, S. & Deurer, M. (2009): Tools and Techniques for Sustainably Managing the Natural Capital of Our Soils and Waters. *VII International Workshop on Sap Flow*, 846: 35-44.
- Corominas, J. (2010): Agua y energía en el riego, en la época de la sostenibilidad. *Ingeniería del agua*, 17: 219-233.
- Dechmi, F., Isidoro, D. & Stambouli, T. (2013): A phosphorus index for use in intensive irrigated areas. *Soil Use and Management*, 29: 64-75.
- Lamaddalena, N. & Khila, S. (2012): Energy saving with variable speed pumps in on-demand irrigation systems. *Irrigated Science*, 30: 157-166.

- Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E. & Aragüés, R. (2010): Irrigation Modernization and Water Conservation in Spain: The Case of Riegos del Alto Aragón. *Agricultural Water Management*, 97(2010): 1663-1675.
- Mahlberg, B. & Luptacik, M. (2014): Eco-efficiency and eco-productivity change over time in a multisectoral economic system. *European Journal of Operational Research*, 234: 885-897.
- Martínez-Cob, A., Playán, E., Caveró, J. & García-Vera, M.A. (2005): *Recopilación de suministros en cultivos eficientes de la cuenca del Ebro y comparación con las dotaciones objetivo*. Informe Interno 2005-PH-21.I. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- Pratt P. F. (1984): Nitrogen use and nitrate leaching in irrigated agriculture. *Nitrogen in Crop Production Symposium*. Sheffield, Alabama, EE.UU.
- Salvador, R., Martínez-Cob, A., Caveró, J., & Playán, E. (2011): Seasonal on-farm irrigation performance in the Ebro basin (Spain): Crops and irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 98(4) : 577-587.
- Schaltegger, S. & Sturm, A. (1989): Ökologiein duzierte Entscheidungsprobleme des Managements. Ansatzpunkte zur Ausgestaltung von Instrumenten (Ecology induced management decision support: Starting points for instrument formation). *WWZ-Discussion Paper No. 8914*. University of Basel(WWZ), Basel.
- Stambouli, T. (2012): *Gestión avanzada del riego por aspersión en parcela: Aplicación al valle medio del Ebro*. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural. Universidad de Zaragoza.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. & Raes, D. (2012): Crop yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 66. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- WBCSD (2000): Eco-Efficiency: Creating more value with less impact. *World Business Council for Sustainable Development*. ISBN 2-94-024017-5.