



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Máster Universitario en
Técnicas Avanzadas en Investigación y
Desarrollo Agrario y Alimentario

**ANALISIS DE LA EVOLUCION DE INDICADORES DE
BENCHMARKING EN LA ZONA REGABLE DEL CAMPO DE
CARTAGENA DURANTE EL PERIODO 2002-11**

Alumno/a: EDUARDO NICOLAS ALEMAN

Director/a/s: VICTORIANO ALVAREZ MARTINEZ Y BERNARDO MARTIN GORRIZ

Cartagena, 09 de Abril 2013

ANALISIS DE LA EVOLUCION DE INDICADORES DE BENCHMARKING EN LA ZONA REGABLE DEL CAMPO DE CARTAGENA DURANTE EL PERIODO 2002-11

Resumen

Mediante la aplicación de indicadores de benchmarking se ha caracterizado la zona regable de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC) durante diez años (2002-11). Durante este periodo se ha producido la modernización del 84% de la Zona Regable de la CRCC (2006-09), así como han acontecido periodos de sequía con un volumen de agua disponible inferior al 25% de la dotación teórica (2006-08). Los indicadores de benchmarking utilizados se han basado en la propuesta de Malano y Burton (2001), considerando también otros indicadores propuestos por autores que han aplicado previamente técnicas de benchmarking en España (Rodríguez, 2003; Córcoles, 2009; Abadía et al., 2010).

Del estudio realizado se deriva que la escasez de agua produce una disminución de la eficiencia de distribución, un aumento de los costes y del consumo energético por m³ suministrado. De la comparación de la CRCC con otras comunidades de regantes se desprende que la CRCC presenta una gran irregularidad y baja disponibilidad de agua, tiene una alta eficiencia de distribución, un bajo consumo energético por m³ y el valor de la producción agrícola es muy alto.

El estudio de los indicadores de Benchmarking debe realizarse a lo largo del tiempo dado que factores como la sequía pueden afectar considerablemente los valores obtenidos.

1- Introducción y Objetivos.

Con la creciente demanda de agua de otros sectores, las limitaciones del medio ambiente y el cambio climático, los recursos hídricos disponibles para la agricultura se reducirán en las próximas décadas. En regiones áridas y semiáridas, como el sureste Español, esta escasez de agua se ha convertido en una seria amenaza para la agricultura (IPCC, 2007; IPCC, 2008). En

España alrededor del 70% de los recursos hídricos consuntivos disponibles son demandados por el sector de regadíos, las Comunidades de Regantes (CR) juegan un papel muy importante en la gestión de estos recursos. Según el Plan Nacional de Regadíos horizonte 2008, existían censadas 7.196 comunidades de regantes en España en 2001.

La zona regable de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC) se encuentra situada en el sureste de España, en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, con un sector de riego en la provincia de Alicante. Se extiende sobre una superficie regable de 41.063 ha y tiene 9.462 comuneros. Los cultivos predominantes en la zona regable, por orden de importancia, son los hortícolas (lechuga, melón, alcachofa y brócoli), cítricos (limonero y naranjo) y cultivos de invernadero (pimiento). Los recursos hídricos teóricos de la CRCC son $141,6 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$, pero la situación habitual de funcionamiento suele presentar un déficit importante con respecto a estos recursos. La CRCC está sometida a una gran irregularidad en la disponibilidad de sus dotaciones de agua, habiéndose alcanzado situaciones muy críticas, como por ejemplo en 1995, cuando la CRCC solo pudo distribuir 18 hm^3 .

Actualmente todo el proceso de distribución de agua de riego se encuentra automatizado, con control en tiempo real de la red distribución desde telefonía móvil (Del Amor, 2006), permitiendo al regante verificar su riego en tiempo real (CRCC, 2012) a través de internet y el móvil. Para ello se disponen de estaciones remotas que actúan sobre las válvulas hidráulicas y estaciones de bombeo, recopilando los datos de los contadores ubicados en los más de 1.000 km de tuberías de la red de distribución. Las obras de modernización de la CRCC (Soto et al., 2007) se han realizado en tres fases. En la primera, finalizada en año 2000, se automatizaron unas 6.997 ha, en la segunda, finalizada en el 2006, 23.417 ha, y en la tercera, finalizada en 2009, se completaron el resto de sectores.

Una de las herramientas que puede mejorar la optimización del uso del agua en las CR es la aplicación de técnicas de benchmarking. La utilización del benchmarking se ha circunscrito tradicionalmente en las organizaciones empresariales pero actualmente se ha extendido a diferentes ámbitos. Malano

y Burton (2001) definen el benchmarking como “*un proceso de aprendizaje de tu propio funcionamiento pasado y de la actuación de los demás en la búsqueda de la mejora continua*”. La aplicación de técnicas de benchmarking para mejorar el funcionamiento de las comunidades de regantes es un fenómeno relativamente reciente (Rodríguez et al., 2008).

Rodríguez (2003) realizó un estudio de la gestión del agua de riego y aplicación de las técnicas de benchmarking a las zonas regables de Andalucía, donde se abarca a 9 comunidades de regantes de Andalucía durante los años 1996-2002. Córcoles (2009) estudió la gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de benchmarking, donde analizó 7 comunidades de regantes de Castilla-La Mancha durante el periodo 2006-2008. También cabe destacar el estudio comparativo sobre las medidas de ahorro energético y económico en comunidades de regantes (Abadía et al., 2010), en el mismo se analizaron desde un punto de vista energético 22 comunidades de regantes, 15 de Castilla-La Mancha, 2 de la Región de Murcia y 5 al sur de la Comunidad Valenciana.

El objetivo de este trabajo es analizar, empleando indicadores de benchmarking, los efectos de la modernización y los periodos de gran escasez de agua sobre la zona regable de la CRCC. Este estudio permite ver la evolución de los indicadores de la CRCC a largo del tiempo y la comparación con otras CR.

El trabajo se enmarca dentro del Proyecto Europeo SIRRIMED “Sustainable use of IRRigation water in the MEDiterranean region” (SIRRIMED, 2010), donde se realiza una serie de estudios en el ámbito mediterráneo con el objeto de analizar cual es el estadio actual de la gestión del agua en la agricultura de los países mediterráneos y desarrollar posibles mejoras.

2- Materiales y Métodos

El periodo de estudio de la CRCC es de 10 años, abarca desde el 2002 hasta el 2011. Durante el mismo se ha producido la modernización del 84% de la Zona Regable del Campo de Cartagena (2006-09), así como han acontecido

periodos de sequía con un volumen de agua disponible inferior al 25% de la dotación teórica (2006-08).

La técnica de “benchmarking” es una metodología muy utilizada en otras áreas de conocimiento y gestión empresarial, si bien, es bastante novedosa en su aplicación al uso de los recursos naturales y, específicamente, al agua, aunque muestra un gran interés y potencialidad. Esta técnica la hemos aplicado para analizar la evolución de los regadíos en la zona regable de la CRCC.

Los indicadores de benchmarking (tabla 1) utilizados se basan en la propuesta del “International Program for Technology and Research on Irrigation and Drainage” IPTRID (Malano y Burton, 2001), considerando otros indicadores adicionales propuestos por autores que han aplicado previamente técnicas de benchmarking en España (Rodríguez, 2003; Córcoles, 2009; Abadía et al., 2010). Los factores que se han considerado son los relacionados con el uso del agua (indicadores de rendimiento), con los flujos económicos (indicadores financieros), con la energía (indicadores energéticos) y en la producción agrícola (indicadores de productividad).

Tabla 1. Descripción de los indicadores anuales analizados.

Indicadores rendimiento	Abrev	Descripción
Superficie regable (ha)	<i>Sa</i>	Es la superficie total de las parcelas que tiene derecho a agua de riego de la CR.
Superficie regada (ha)	<i>Sr</i>	Es la superficie total de las parcelas que han recibido aporte de agua de riego de la CR.
Volumen derechos (m ³)	<i>Vr</i>	Volumen de agua sobre el que la CR tiene derechos.
Volumen que entra al sistema (m ³)	<i>VT</i>	Volumen de agua de riego que entra al sistema de la CR.
Volumen suministrado (m ³)	<i>Vs</i>	Volumen de agua de riego suministrada a los regantes de la CR.
Evapotranspiración de los cultivos (m ³)	<i>ETc</i>	Volumen de agua demandada por todos los cultivos de la zona regable de la CR.
Precipitación efectiva (m ₃)	<i>PE</i>	Fracción de la precipitación total que es aprovechada por los cultivos.
Garantía de suministro (%)	<i>Sg</i>	Relación entre la cantidad de agua que entra al sistema y el volumen sobre el que se tiene derecho. $Sg = VT/Vr$
Relación entre superficie regada y regable (%)	<i>SrSa</i>	Representa en % la superficie que se está regando en la CR respecto a la superficie regable.
Eficiencia de distribución (%)	<i>ED</i>	Representa las pérdidas de distribución de

		agua de la CR. $ED = Vs/VT$
Suministro de agua por área regada ($m^3 ha^{-1}$)	$VsSr$	$VsSr = Vs/Sr$
Aporte relativo de agua de riego	$ARIS$	$ARIS = Vs/(ETc-PE)$
Indicadores financieros		
Costes personal (€)	CP	Son los costes de personal.
Costes energéticos (€)	CEN	Incluyen los costes de la energía (facturada) empleada en la distribución del agua de riego.
Costes mantenimiento (€)	CM	Son los costes de mantenimiento de la infraestructura de la CR.
Costes de manejo del sistema (€)	CMS	Son los gastos que se originan consecuencia de los servicios prestados con el riego.
Precio del agua ($€m^{-3}$)	PA	Precio del agua (valor medio ponderado pagado por el agricultor)
Número de trabajadores	NP	Número de trabajadores totales de la CR.
Costes de manejo del sistema por unidad de agua de riego suministrada ($€m^{-3}$)	$CMSVs$	$CMSVs = CMS/Vs$
Coste energético por unidad de agua de riego suministrada ($€m^{-3}$)	$CENVs$	$CENVs = CEN/Vs$
Costes personal por área regada ($€ha^{-1}$)	$CPSr$	$CPSr = CP/Sr$
Costes mantenimiento por área regada ($€ha^{-1}$)	$CMSr$	$CMSr = CM/Sr$
Indicadores energéticos		
Potencia Contratada (kW)	Nc	Es la potencia total contratada por la CR.
Energía activa consumida (kWh)	Eac	Es la energía activa (facturada) consumida para la distribución del riego.
Energía reactiva consumida (VAR)	Ear	Es la energía reactiva (facturada) consumida para la distribución del riego.
Potencia Contratada por área regada ($€ha^{-1}$)	$NcSr$	$NcSr = Nc/Sr$
Energía activa consumida por volumen suministrado ($kWhm^{-3}$)	$EacVs$	$EacVs = Eac/Vs$
Energía reactiva consumida por volumen suministrado ($VARm^{-3}$)	$EarVs$	$EarVs = Ear/Vs$
Indicadores de productividad		
Valor producción agrícola €	VP	Valor total de la producción agrícola.
Margen bruto €	MB	VP del que se deducen determinados costes globales.
Valor producción agrícola por unidad de superficie regada ($€ha^{-1}$)	$VPSr$	$VPSr = VP/Sr$
Valor producción agrícola por unidad de agua demandada por los cultivos ($€m^{-3}$)	$VPETc$	$VPETc = VP/ETc$
Margen bruto por unidad de superficie regada ($€ha^{-1}$)	$MBSr$	$MBSr = MB/Sr$
Margen bruto por unidad de agua demandada por los cultivos ($€m^{-3}$)	$MBETc$	$MBETc = MB/ETc$

La S_a se ha obtenido como la suma de las parcelas que tienen derecho a riego dentro del perímetro de la CRCC. La superficie de los cultivos considerados se ha elaborado a partir del parcelario de la CRCC y de la Estadística Agraria Regional de Murcia (CARM, 2011).

La ET_c y la PE se han calculado siguiendo la metodología FAO (Allen et al., 1998; Brouwer et al., 1986), las K_c de los cultivos y los datos climáticos de las estaciones meteorológicas de la zona regable se han obtenido del Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM, 2011).

El VT se ha tomado de las lecturas de los contadores existentes en los puntos de aportación de agua a la CRCC. El V_s se ha obtenido de la suma anual del volumen facturado a los regantes.

Los indicadores financieros se han tomado de las cuentas anuales de la CRCC. Los indicadores energéticos se han calculado a partir de las facturas eléctricas mensuales.

Los rendimientos de los cultivos de la zona regable de la CRCC y los costes de producción de los mismos se han elaborado a partir de datos de la AMOPA (Asociación Murciana de Organizaciones de Productores Agrarios), de la OCA (Oficina Comarcal Agraria) de Cartagena y de encuestas realizadas a los agricultores de la zona. En total se han encuestado 2.465 ha (Figura 1), un 7,04% de la S_r de la CRCC. Los precios medios obtenidos por los agricultores se han tomado de la Estadística Agraria Regional de Murcia (CARM, 2011) completados con la Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2012).

Los indicadores se han calculado mediante la combinación de una o varias variables medidas. Siendo contrastado su valor con la bibliografía existente.

La CRCC ha sido comparada con otras CR estudiadas por otros autores (Rodríguez, 2003 y Córcoles, 2009), para ello se han considerado las CR que poseen sistemas de redes a presión y con una ED alta. Se han elegido para comparar los indicadores de la CRCC a 3 CR de Andalucía (Fuente Palmera (CRFP) de 5.260 ha, Genil Cabra (CRGC) de 15.068 ha y Piedras Guadiana

(CRPG) de 6.336 ha) y 3 CR de Castilla La Mancha (SAT Llano Verde (SLV) de 2.016 ha, SAT Santa Cecilia (SC) de 725 ha y SAT Soreta (SOR) de 1.038 ha)

Para poder analizar la evolución de los indicadores financieros y de productividad en el periodo de estudio se han actualizados los mismos mediante el IPC nacional, tomando como base el año 2011 (INE, 2012).

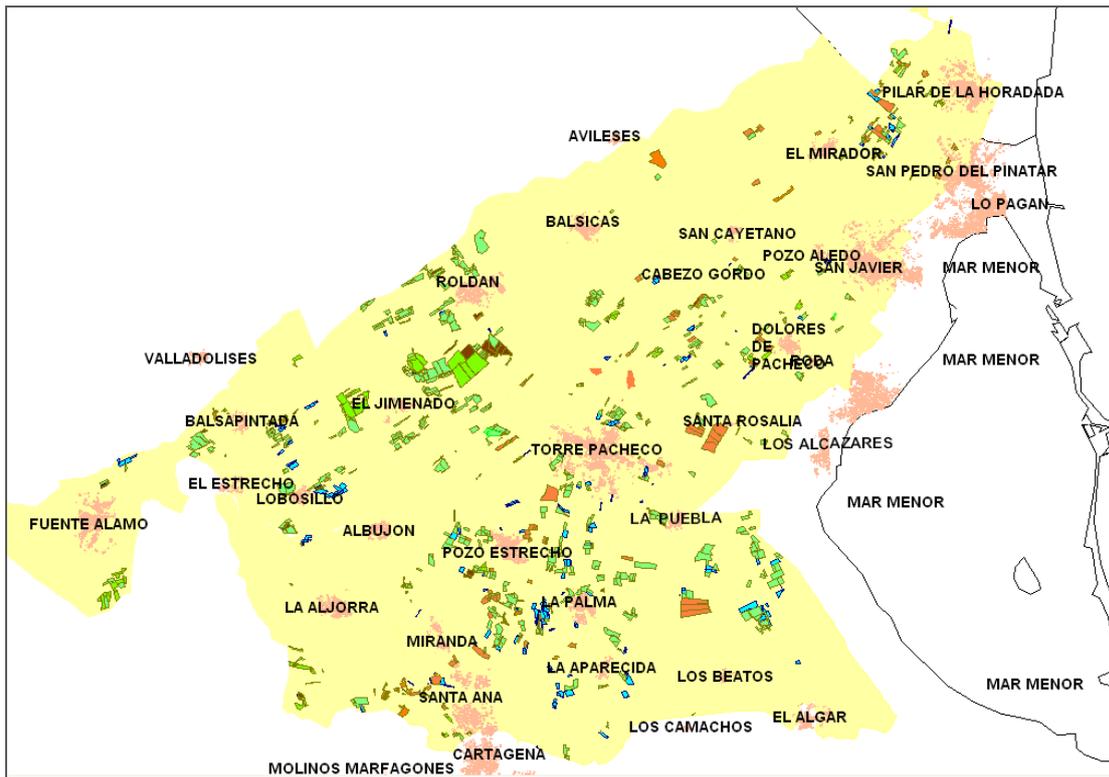


Figura 1. Encuestas de parcelas de la CRCC.

3- Resultados y Discusión

El estudio de los indicadores durante el periodo 2002-11 en la CRCC(1) muestra la gran irregularidad en el $VsSr$, con un máximo en 2004 de $3.086 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ y un mínimo en 2006 de $558 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$.

Estos valores se pueden comparar (Figura 2), con las comunidades de regantes SLV(2), SC(3) y SOR(4) estudiadas por Córcoles (2009), con valores comprendidos entre 5.200 y $6.778 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$, y los indicados en los estudios de Rodríguez (2003) para la CRFP(5), CRGC(6) y CRPG(7), donde varían entre 1.661 y $4.491 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$.

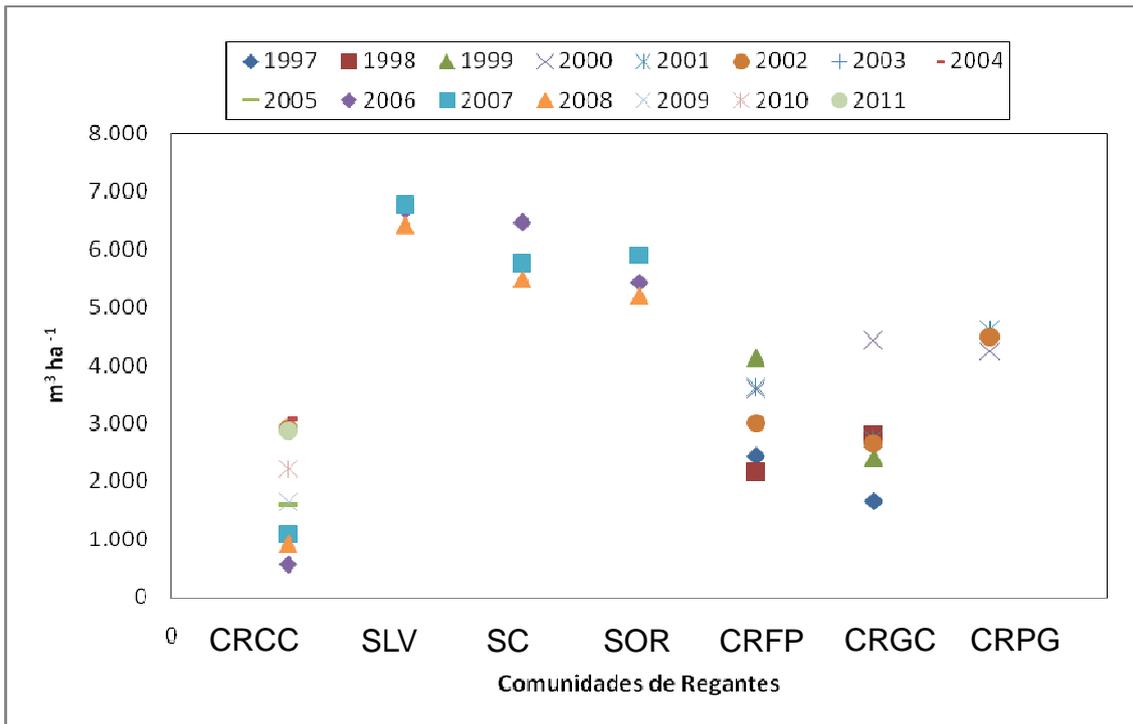


Figura 2. Comparativa de $VsSr$ de la CRCC con otras CR. CRCC= Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena. SLV= SAT Llano Verde, SC=SAT Santa Cecilia, SOR=SAT Soreta, CRFP=Comunidad de Regantes Fuente Palmera, CRGC= Comunidad de Regantes Genil Cabra y CRPG=Comunidad de Regantes Piedras de Gadiana.

La ED (Figura 3) varía entre el 84,26% en el 2006, donde $VsSr$ tuvo su valor más bajo $558 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ y más del 99% en los años 2004, 2009, 2010 Y 2011. La alta eficiencia de distribución en los últimos años se debe a las mejoras de la modernización y el valor bajo de la ED parece estar relacionado con un valor pequeño de $VsSr$.

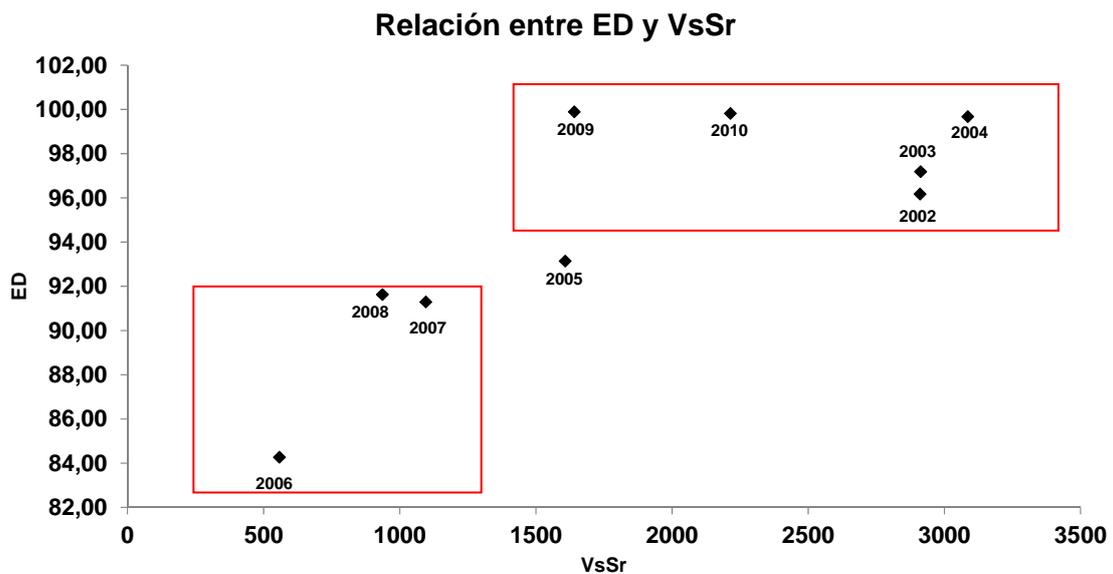


Figura 3. Relación entre VsSr y ED en la CRCC durante el periodo de estudio 2002-2010.

En las comunidades de regantes estudiadas en Andalucía los valores están comprendidos entre el 78 y el 97%, mientras que en Castilla-La Mancha varía entre el 85 y el 100%.

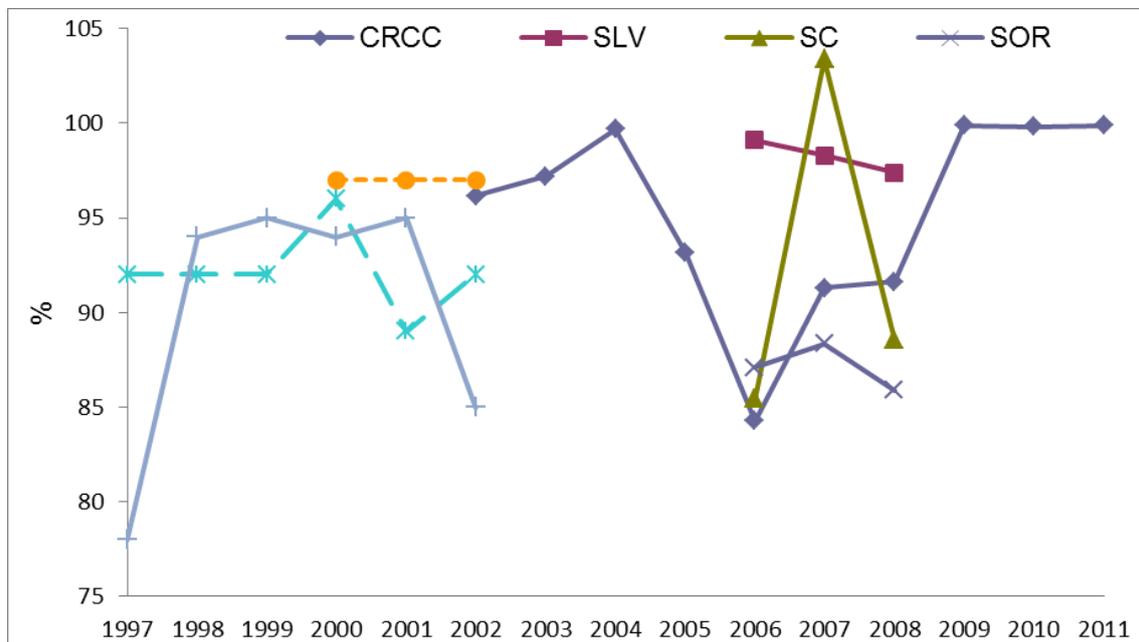


Figura 4. Evolución de la ED en la CRCC y comparativa con otras CR.

En cuanto la evolución del PA (Figura 5) de la CRCC se observan grandes variaciones en su valor, que se justifican por la irregularidad de VsSr y al incremento de la tarifa del Trasvase Tajo Segura (regulada por la ley 52/80 y

su posterior modificación ley 24/2001). El PA en la CRCC, actualizado al IPC, ha variado entre $0,139 \text{ €m}^{-3}$ en 2002 y $0,257 \text{ €m}^{-3}$ en 2007. Para poder comparar el PA con las CR de Castilla-La Mancha y Andalucía, se han considerado de los estudios citados, los retornos medios por unidad de agua de riego suministrada. Los valores estarían comprendidos entre $0,068$ y $0,161 \text{ €m}^{-3}$ para las de Castilla-La Mancha y entre $0,070$ y $0,216 \text{ €m}^{-3}$ para las de Andalucía.

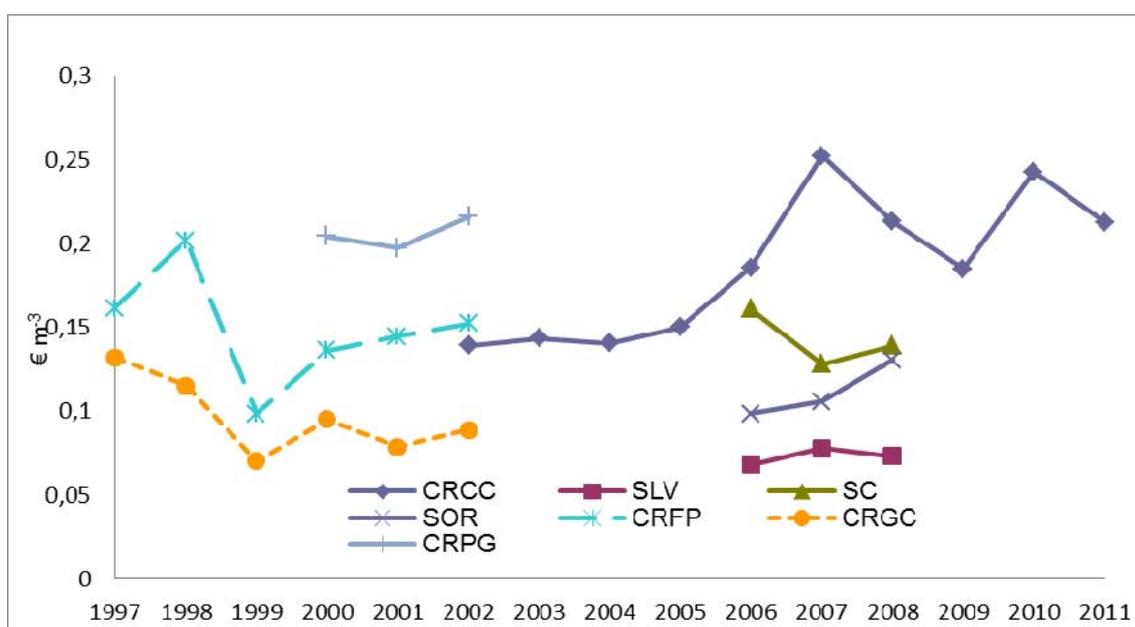


Figura 5. Evolución del PA en la CRCC y comparativa con otras CR.

En la Figura 6 se muestra la relación entre $EacVs$ y el $VsSr$, que parece indicar que los periodos de escasez de agua provocan un aumento del consumo energético de la CRCC por m^3 suministrado a los regantes.

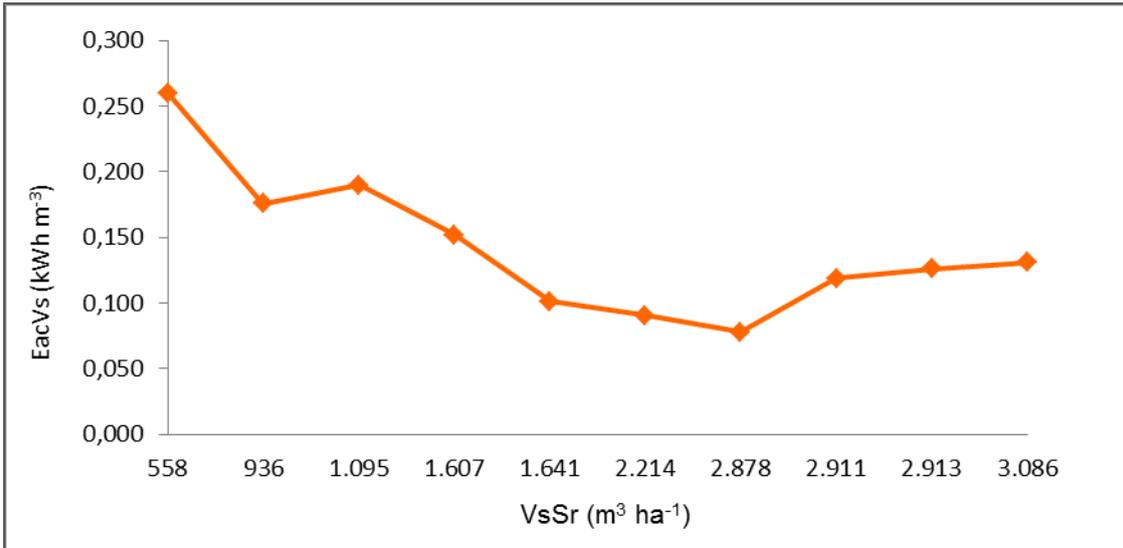


Figura 6. Relación entre *EacVs* y *VsSR* en la CRCC.

La *EacVs* (Figura 7) suministrada en la CRCC está comprendida entre 0,078 kWhm⁻³ en 2011 y 0,260 kWhm⁻³ en 2006. En el estudio de Abadía (2010) el valor medio de las CR analizadas era de 0,8776 kWhm⁻³ y en las de Castilla La Mancha varía entre 0,573 y 1,303 kWhm⁻³.

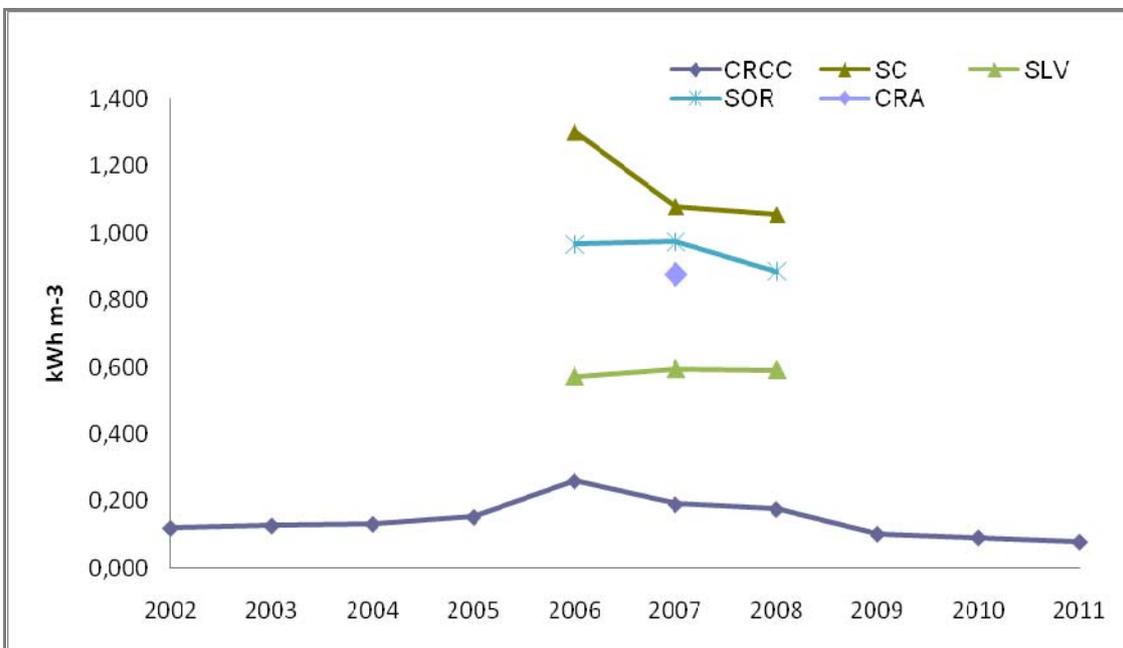


Figura 7. Evolución del *EacVs* en la CRCC y comparativa con otras CR.

El *VPSr* (Figura 7) depende de los precios de los productos agrícolas obtenidos por los agricultores en cada momento. En la CRCC presenta,

actualizado al IPC, un máximo de 16.835 €ha⁻¹ en 2003 y un mínimo de 9.552 €ha⁻¹ en 2011, el *VPSr* obtenido de la encuestas a los agricultores de la CRCC fue para 2011 de 9.088 €ha⁻¹. Se observa en el periodo analizado, una clara tendencia bajista del *VPSr*. En las de Andalucía varía entre 17.719 y 2.843 €ha⁻¹ y en las de Castilla-La Mancha entre 6.990 y 1.874 €ha⁻¹.

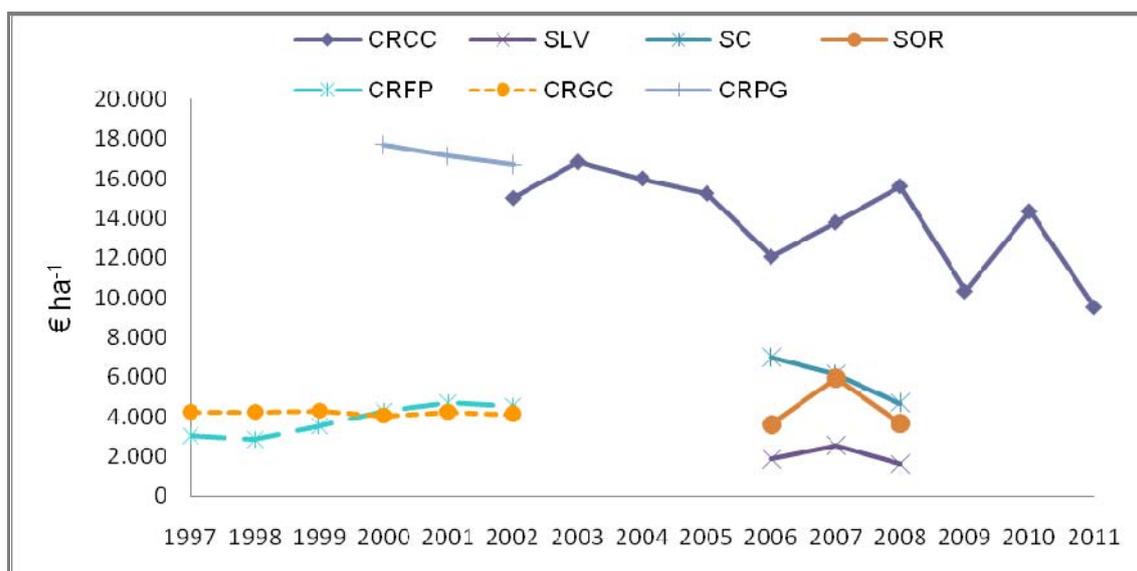


Figura 7. Evolución del *VPSr* en la CRCC y comparativa con otras CR.

4- Conclusiones y Recomendaciones

Del empleo de indicadores de benchmarking para analizar la evolución de los regadíos de la CRCC durante diez años se desprende que *VsSr* sufre una gran variación anual. Durante los años de escasez de agua la *ED* disminuye dado que las pérdidas por evaporación y en la red no dependen del volumen distribuido por la CRCC, ya que se riega a lo largo de todo el año, manteniéndose el agua en los embalses y la red de riego en carga. Por otro lado, al disponer de menor cantidad de agua, el valor de los indicadores financieros que se encuentran referenciados al agua distribuida aumenta considerablemente. Con la modernización han aumentado el *CMS* y la *ED*. El *VPSr* indica una tendencia bajista en el periodo analizado.

De la comparativa de la CRCC con otras CR se desprende: (a) la CRCC es la que dispone de un menor *VsSr* y una mayor irregularidad en el mismo, (b) la *ED* de la CRCC es muy alta, salvo en los periodos de escasez de agua, (c)

los regantes de la CRCC tienen un *PA* muy alto, (d) el *EacVs* se puede considerar bajo, (e) el *VPSr* es muy alto.

El estudio de los indicadores de Benchmarking debe realizarse a lo largo del tiempo dado que factores como, por ejemplo la sequía, pueden afectar considerablemente los resultados de un año a otro. Por otro lado el seguimiento temporal de los mismos y su comparación con otras CR pueden permitir detectar anomalías o posibles mejoras en el funcionamiento de la Comunidad de Regantes, que repercutirá en la optimación de la gestión integral de la misma.

5- Agradecimientos.

Este estudio ha sido financiado por la Unión Europea mediante el proyecto de investigación del VII Programa Marco SIRRIMED (www.sirrimed.org). Fue presentado en el XXX Congreso Nacional de Riegos celebrado en Albacete en Junio 2012, en su elaboración participaron: *Soto García, M.*¹, *Martínez Alvarez, V.*², *Martín Górriz, B.*², *Nicolas Aleman, E.*³

6- Bibliografía.

- Abadía R., Rocamora M.C., Corcoles J. I., Ruiz-Canales A., Martinez-Romero A., Moreno M. A. 2010. Comparative analysis of energy efficiency in water users associations. Spanish Journal of Agricultural Research: S134-S142
- Allen, R.A., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.
- Brouwer, C., Heibloem, M., 1986. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. - FAO Training manual no. 3
- CARM, 2011. <http://www.carm.es>. Acceso junio 2011.
- Córcoles J.I., 2009. La gestión del agua y la energía en el regadío mediante técnicas de Benchmarking. Tesis Doctoral. Universidad de Castilla La Mancha. Albacete.
- CRCC, 2012. <http://www.crcc.es>. Acceso marzo 2012.

- Del Amor, P.L. 2006. Sistema de acceso móvil para la gestión de servicios de riegos en comunidades de regantes. *Riegos y Drenajes XXI* 147: 70-73.
- INE, 2012. <http://www.ine.es>. Acceso marzo 2012.
- IPCC (2007) *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2007b: 976
- IPCC (2008) *Climate Change and Water Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva; 2008: 210
- Malano H, Burton M. 2001. *Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector*. IPTRID–FAO: Rome: 44
- MAGRAMA, 2012, <http://www.magrama.es>. Acceso Marzo 2012.
- Rodríguez, J.A., 2003. *Análisis de la gestión del agua de riego y aplicación de las técnicas de benchmarking a las zonas regables de Andalucía*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Rodríguez, J.A., Camacho, E., López, R., Pérez, L., 2008. Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: an application in Spain. *Agric. Syst.* 96: 250–259
- Soto, M., Martínez, V., Valiente, M., Del Amor, F. 2007. Modernización de la Zona Regable del Campo de Cartagena. *Riegos y Drenajes XXI* 157: 28-35.
- SIAM, 2011, <http://siam.imida.es>. Acceso junio 2011.
- SIRRIMED, 2010, <http://www.sirrimed.org>. Acceso junio 2011