

## Indicadores de gestión: una herramienta para el análisis de las comunidades de regantes

J.A. Rodríguez\*, E. Camacho\*, R. López\*\*, L. Pérez\*, J. Roldán\*

\*Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba, Apartado 3048, 14080 Córdoba, España, e-mail: ma2rodij@uco.es, ecamacho@uco.es, g62lpeur@uco.es y jroldan@uco.es

\*\*Departamento de Física Aplicada. Universidad de Córdoba, Apartado 3048, 14080 Córdoba, España, e-mail: fa1lolur@uco.es

### Resumen

Los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking son una herramienta para el control y la mejora de las Comunidades de Regantes. Su uso podrá determinar las mejores prácticas existentes en las zonas regables y tratar de adaptarlas a las zonas más desfavorecidas con el objetivo de lograr mejoras.

En este trabajo se aplican el conjunto de indicadores de gestión desarrollado por IPTRID a nueve Comunidades de Regantes representativas del regadío de Andalucía. Este conjunto de indicadores considera los principales aspectos que intervienen en la gestión de una Comunidad de Regantes, como son los financieros, de eficiencia en el uso del agua, de productividad y ambientales.

El posterior análisis de los mismos mediante técnicas de análisis de cluster ha permitido clasificar las Comunidades en cuatro grupos homogéneos según sus principales características. El análisis y la comparación de las Comunidades que constituyen cada uno de los grupos permite determinar las mejores prácticas existentes en cada grupo y concluir sobre cuáles deberían ser consideradas como un modelo a seguir por el resto.

**Palabras clave:** benchmarking, indicadores de gestión, gestión de zonas regables

### Summary

#### Indicators of irrigation performance: A management tool for Irrigation Districts analysis

Performance indicators and benchmarking techniques are a powerful tool, useful to achieve improvements in irrigation districts. Using performance indicators, organisations will be able to detect best practices and adapt them to the irrigation districts with the worst performance.

In this work, performance indicators developed by IPTRID are applied to nine of the most representative irrigation districts in Andalusia. IPTRID's indicators consider the main aspects of the irrigation districts management as service delivery performance, financial performance, productive efficiency and environmental performance.

Afterwards, performance indicators obtained are classified using cluster analysis techniques. Also, best practices of irrigation districts and which districts should be considered as benchmark have been detected.

**Key words:** benchmarking, performance indicators, irrigation districts management

### Introducción

En el control de una zona regable se genera una gran cantidad de información, la cual puede encontrarse dispersa en muchas ocasiones y, aunque cada vez se tienda a un mayor control y a una mayor centralización de la información, los datos solo pueden resultar de utilidad para el analizador si se encuentran sintetizados en un formato en el que puedan ser interpretados. Una de las maneras más eficaces de sintetizar esa gran cantidad de información es mediante los indicadores de gestión.

Un indicador de gestión no es más que la expresión de una o más variables combinadas y medibles en la realidad (Cabrera, 2001). Por tanto, un indicador de gestión es una magnitud que nos va a relacionar variables, y que permitirá sintetizar la información, de manera que simplifique el análisis y posterior comparación con el resto de zonas regables. Las variables que forman los indicadores están referidas a los factores que intervienen en el proceso de producción agrícola, como pueden ser la superficie regada, el volumen de agua aplicado o incluso aspectos financieros como podría ser el gasto en mantenimiento.

La principal utilidad de los indicadores de gestión es la comparación de los correspondientes a diversas zonas regables, lo cual va a permitir detectar las mejores prácticas existentes en el regadío y tratar de adaptarlas a las zonas más desfavorecidas con el objetivo de mejorar las mismas. Estas técnicas, basadas en la búsqueda de la mejora mediante comparaciones, son las denominadas "técnicas de benchmarking".

Hasta la fecha, en el mundo de la gestión del riego muchos han sido los autores que han propuesto diversos indicadores de gestión para medir la eficiencia de un sistema de riego (Rao, 1993). Sin embargo, la aplicación de dichos indicadores en los que se

pueda comparar la eficiencia de diversas zonas regables es menos común. No obstante, cada vez más los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking están convirtiéndose en una herramienta indispensable para la gestión de las zonas regables, siendo destacables los trabajos realizados en México (Dayton-Johnson, 1999) y en Australia (Hydro environmental, 2002), en donde desde hace varios años se vienen aplicando en el control de los regadíos.

En este trabajo se caracterizan mediante indicadores de gestión nueve Comunidades de Regantes andaluzas, de las cuales se obtienen series históricas de entre tres y seis años. Posteriormente, dichas series se analizan mediante técnicas de análisis de cluster, las cuáles permiten establecer las distintas clases de regadíos existentes en la muestra estudiada.

### Materiales y métodos

#### Indicadores de gestión de IPTRID

En la caracterización de las Comunidades de Regantes realizada se emplearon los indicadores de gestión desarrollados por IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage) (Malano y Burton, 2001).

Los indicadores desarrollados por IPTRID representan la primera iniciativa de las principales organizaciones internacionales relacionadas con el mundo del regadío, en el intento de globalizar un conjunto de indicadores de gestión y la metodología para su obtención. El objetivo de este conjunto de indicadores es que sea aplicable a todos los regadíos existentes en el mundo, pese a las grandes diferencias existentes entre unos y otros. El conjunto de indicadores ha sido desarrollado por IPTRID pero bajo la iniciativa del Banco Mundial. Además de estas dos

organizaciones, en la creación de los mismos han intervenido diversos organismos como son Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Water Management Institute (IWMI) y la International Commission on Irrigation and Drainage (ICID).

Los datos necesarios para la aplicación de la metodología desarrollada por IPTRID se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Un conjunto de descriptores que intentan caracterizar el entorno y la infraestructura existente. Los descriptores consideran datos relacionados con los siguientes temas: localización, institucionales, socio-económicos, fuente y disponibilidad de agua, tamaño medio de explotación, infraestructura de riego, infraestructura de drenaje, metodología para la aplicación y reparto del agua y cultivos.

- Indicadores de gestión, los cuales se dividen en cuatro grupos: indicadores de rendimiento, financieros, de eficiencia en la producción y ambientales.

El conjunto de indicadores desarrollado trata de caracterizar la zona regable con la mínima información necesaria, considerando únicamente 36 indicadores de gestión los cuales necesitan para su cálculo algo menos de 30 variables. Los indicadores con los que se trabaja son los siguientes:

- Indicadores de rendimiento:
  - Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios ( $m^3$ )
  - Volumen de agua de riego que entra al sistema ( $m^3$ )
  - Volumen total de agua que entra al sistema ( $m^3$ )
  - Suministro de agua de riego por unidad de área regable ( $m^3/ha$ )

- Suministro de agua de riego por unidad de área regada ( $m^3/ha$ )
- Eficiencia en la distribución
- Suministro relativo de agua
- Suministro relativo de agua de riego
- Capacidad de distribución de agua
- Garantía de suministro (%)
- Número de días con el drenaje inundado
- Indicadores financieros:
  - Relación de recuperación de costes
  - Relación de costes de mantenimiento y retornos
  - Coste de manejo por unidad de área ( $€/ha$ )
  - Coste por persona empleada ( $€/persona$ )
  - Eficiencia en el cobro
  - Empleados por unidad de área (personas/ha)
  - Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada ( $€/m^3$ )
  - Coste de manejo por unidad de agua de riego suministrada ( $€/m^3$ )
- Indicadores de eficiencia en la producción:
  - Producción agrícola (t)
  - Valor total de la producción agrícola ( $€$ )
  - Productividad por unidad de área regable ( $€/ha$ )
  - Productividad por unidad de área regada ( $€/ha$ )
  - Productividad por unidad de agua de riego suministrada ( $€/m^3$ )
  - Productividad por unidad de agua de riego ( $€/m^3$ )

- Productividad por unidad de agua total ( $€/m^3$ )
- Productividad por unidad de agua consumida ( $€/m^3$ )
- Indicadores ambientales:
  - Salinidad del agua de riego (dS/m)
  - Salinidad del agua de drenaje (dS/m)
  - Profundidad media de la capa freática (m)
  - Demanda química de oxígeno del agua de riego (mg/l)
  - Demanda bioquímica de oxígeno del agua de riego (mg/l)
  - Demanda química de oxígeno del agua de drenaje (mg/l)
  - Demanda bioquímica de oxígeno del agua de drenaje (mg/l)
  - Cambios en la profundidad de la capa freática (m)
  - Balance de sales (t)

#### Comunidades de Regantes

En este trabajo se ha tratado de cubrir gran parte de la heterogeneidad existente en el regadío andaluz. No obstante, para la caracterización mediante indicadores de gestión de una Comunidad de Regantes es necesaria una gran cantidad de información. Entre los datos necesarios se encuentran los presupuestos de la misma y la superficie ocupada por cada uno de los cultivos existentes en la zona. Esto, en ocasiones, genera cierto recelo y hace que no todas las Comunidades, cuyo estudio podría ser interesante, estén en disposición de cooperar. Además, es posible que en la Comunidad de Regantes no existan los datos necesarios para la caracterización, lo que imposibilita su estudio.

Con las limitaciones anteriormente citadas, se seleccionaron varias Comunidades para ser estudiadas mediante los indicadores de gestión. Las Comunidades de Regantes seleccionadas se muestran en la figura 1, y las principales características de cada una de ellas en la tabla 1.

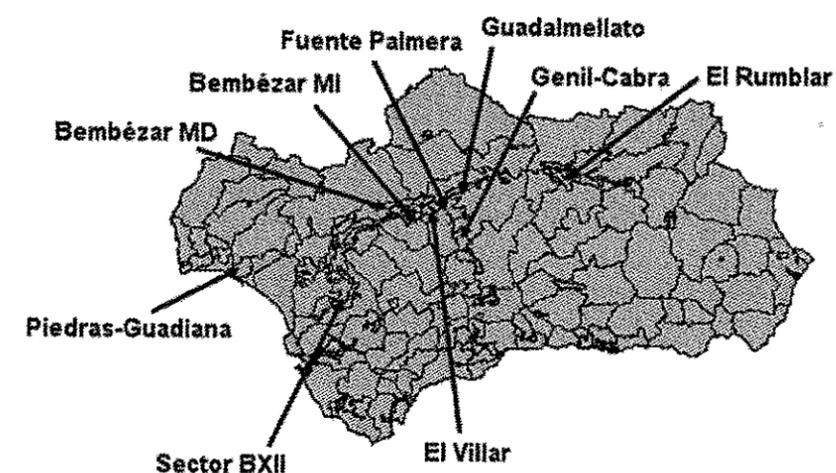


Figura 1. Localización de las Comunidades de Regantes seleccionadas.  
Figure 1. Location of selected Irrigation Districts for the study.

Tabla 1 Comunidades de Regantes estudiadas  
Table 1. Main characteristics of the irrigation districts

Comunidad de Regantes	Superficie (ha)	Distribución del agua		Tipo de facturación		Organización del riego	
		Presión	Gravedad	Por superficie regada (€/ha)	Por volumen de agua consumida (€/m <sup>3</sup> )	A la demanda	Por turnos
El Rumblar	5.200		x	x			x
Guadalmellato	6.645		x	x			x
Bembézar M.I.	3.461		x	x			x
Bembézar M.D.	12.000		x	x			x
Genil-Cabra	15.068	x		x	x	x	
El Villar	2.726	x		x	x	x	
Fuente Palmera	5.260	x		x	x	x	
Piedras-Guadiana	6.336	x		x	x	x	
Sector B XII	14.643	x	x	x		x	x
Total	71.339						

Se han seleccionado nueve Comunidades con cultivos típicos de interior, dos de Sevilla (Sector B XII y Bembézar MD), cinco de Córdoba (El Villar, Fuente Palmera, Genil-Cabra, Bembézar MI y Guadalmellato) y una de Jaén (El Rumblar), con la que se pretende considerar el efecto del predominio del olivar en una zona regable. La Comunidad de Regantes de Piedras-Guadiana (Huelva) se ha seleccionado por ser una Comunidad dedicada especialmente al cultivo de la fresa.

También existe variabilidad en cuanto a infraestructuras hidráulicas, debido a que Bembézar MD, Bembézar MI, Guadalmellato y El Rumblar, poseen sistemas de distribución mediante acequias, encontrándose actualmente en un proceso de modernización. El resto de las Comunidades poseen redes a presión. Sector B XII es la única Comunidad con red de drenaje construida.

Con la excepción de la Comunidad de Regantes del Sector B XII, en todas las res-

tantes con Red a presión se aplica la tarifa binómica, en la que el agricultor satisface los gastos generales por unidad de superficie regada y los energéticos por volumen de agua suministrado.

#### Análisis de cluster

El análisis de cluster se puede definir como un método estadístico multivariante de clasificación automática de datos (Carrasco y Hernán, 1993). Este tipo de análisis, trata de clasificar una serie de individuos en grupos homogéneos o cluster, de forma que los individuos que puedan ser considerados similares pertenezcan a un mismo cluster y los diferentes se localicen en cluster distintos.

En este trabajo se emplea el algoritmo K-medias, el cual pertenece al grupo de las denominadas "técnicas de agrupamiento particional" (Jain, 2000).

## Resultados

### Indicadores de gestión

En la figura 2 se muestran los valores del indicador *suministro de agua de riego por unidad de área regada*, el cual refleja los consumos de agua en cada una de las zonas estudiadas. Del análisis de dichos resultados, se puede comprobar cómo las zonas en las que el agricultor paga el agua por unidad de superficie regada, suelen ser los mayores consumidores de agua por unidad de superficie (Guadalmellato, Sector BXII, Bembézar MD y Bembézar MI).

Pese a que el consumo por unidad de superficie es muy importante para el estudio de las condiciones existentes en una zona regable, el indicador más representativo del uso del agua es el *Suministro relativo de agua* (en la bibliografía Relative

Water Supply o RWS), el cual relaciona la disponibilidad de agua en la zona con las necesidades hídricas de los cultivos (Levine, 1982). Este indicador muestra las diferencias en la eficiencia en el uso del agua entre las zonas con redes a presión y las zonas con distribución mediante canales (figura 3). En las zonas con red a presión, el indicador RWS oscila, en la mayor parte de los casos, entre los valores de 1 y 1,5, estando en algunas ocasiones por debajo de la unidad, lo que indica un riego deficitario. En las zonas tradicionales, la gran cantidad de agua aplicada hace que los valores de este indicador sean muy elevados, estando habitualmente entre 1,5 y 2,5, lo que indica que, como promedio, se está usando aproximadamente el doble del agua necesaria para el correcto desarrollo de los cultivos (Rodríguez et al., 2004).

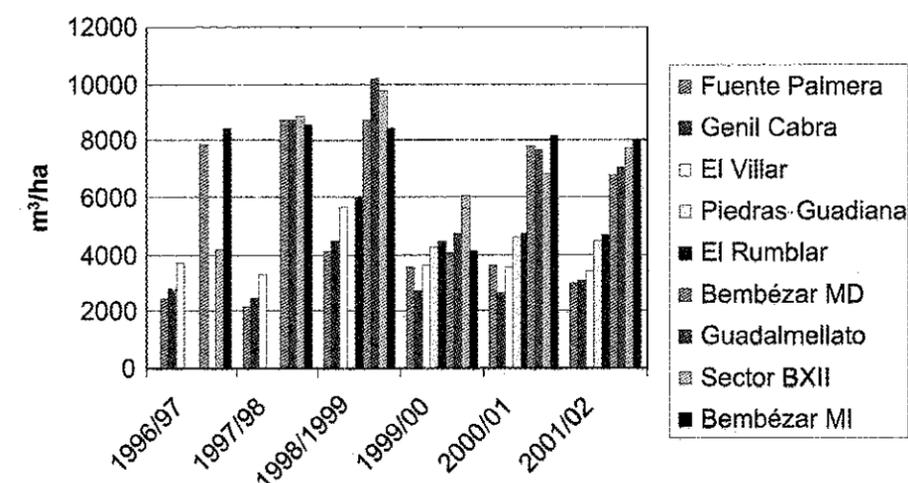


Figura 2. Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m<sup>3</sup>/ha) en cada una de las Comunidades de Regantes analizadas  
Figure 2. Average irrigation volume per unit surface (m<sup>3</sup>/ha) for each of the Irrigation Districts.

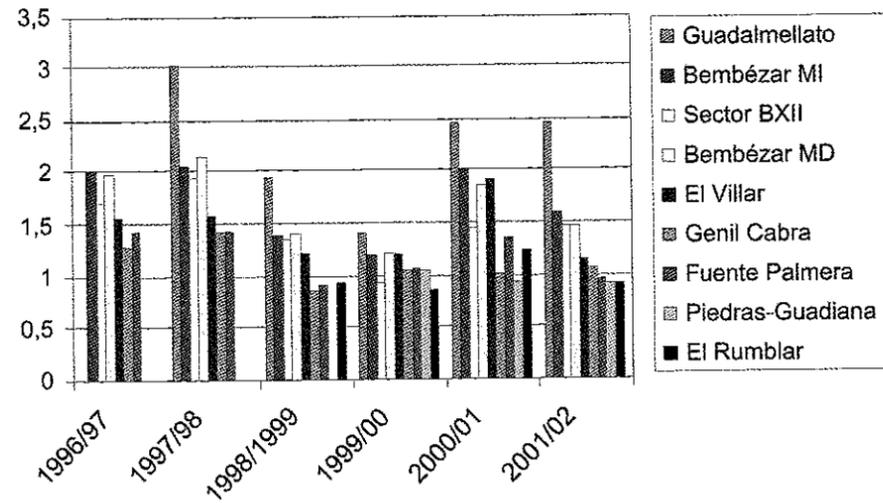


Figura 3. Suministro relativo de agua de riego (RWS) definido como la relación entre la disponibilidad de agua en la zona y las necesidades de los cultivos.  
 Figure 3. Relative Water Supply defined as the ratio of irrigation volume to net irrigation requirements.

En la figura 4 se muestra el primero de los indicadores financieros, el cual hace referencia a la totalidad de los costes a los que debe hacer frente la Comunidad de Regantes, expresados por ha. Por lo general, los mayores costes de manejo del sistema por unidad de superficie se corresponden con las zonas dotadas de red a presión, debido a que los agricultores deben hacer frente al coste energético de bombear el agua.

En la figura 5 se muestran los costes de manejo pero expresados por unidad de agua de riego suministrada. Este indicador muestra prácticamente la misma clasificación observada en el caso anterior. Pese a ello, es necesario destacar que se reduce la distancia existente entre la Comunidad con más costes (Piedras-Guadiana) y el resto de Comunidades con red a presión. Este efecto se debe a que la Comunidad de Regantes Piedras-Guadiana es una de las de mayor gasto de agua entre las Comunidades con red a presión, por

lo que los costes de manejo se dividen entre más volumen.

El número de empleados por unidad de área es uno de los factores que mejor explican elevados o bajos costes de manejo, debido a ser una de las partidas que representan mayor gasto por unidad de superficie. En la figura 6 se muestran los empleados existentes por cada 1.000 hectáreas en cada una de las zonas estudiadas para la campaña 2001/02 (es un indicador estable en la serie estudiada). Piedras-Guadiana es, con diferencia, la zona que emplea mayor número de personas, esto en parte justifica los elevados costes de manejo existentes en dicha zona. Tras Piedras-Guadiana se sitúan las zonas regables de Guadalmellato y del Sector B XII, la primera emplea a un alto número de personas para tratar de evitar y reparar los numerosos actos de vandalismo existentes y la segunda porque, además de dar los servicios de riego, dispone de empleados para las reparaciones

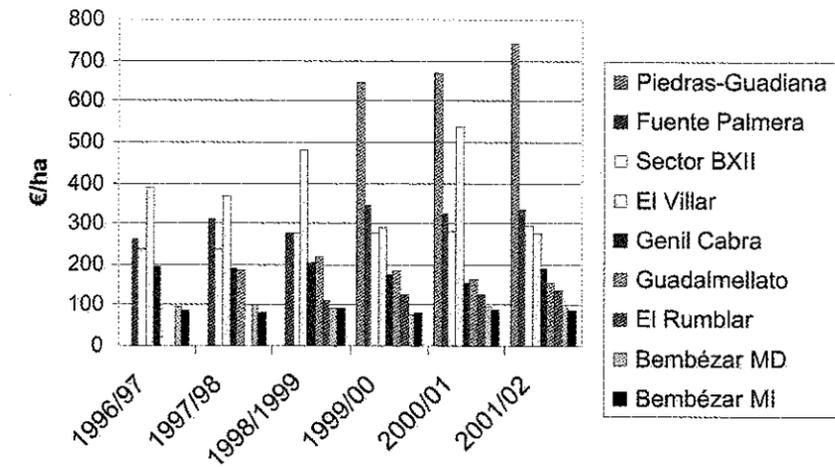


Figura 4. Costes de manejo por unidad de área (€/ha).  
 Figure 4. Total management, operation and maintenance costs per unit area (€/ha).

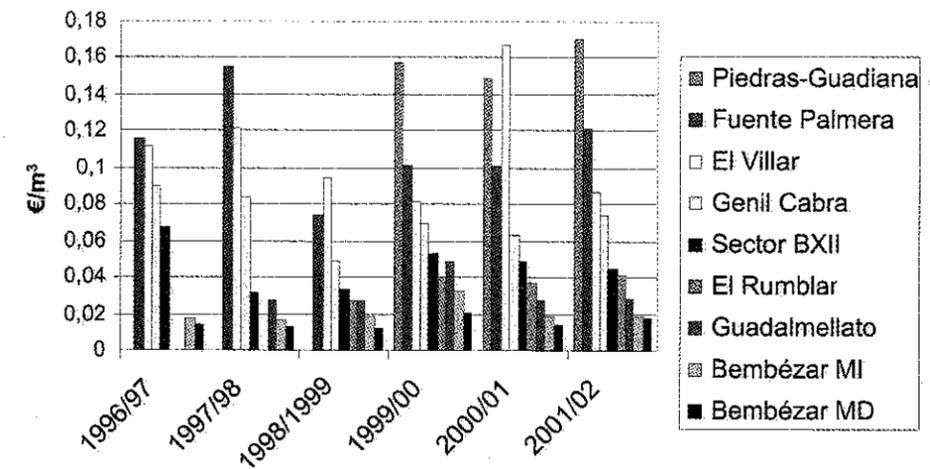


Figura 5. Costes de manejo por unidad de agua suministrada (€/m³).  
 Figure 4. Total management, operation and maintenance costs per unit area (€/ha).

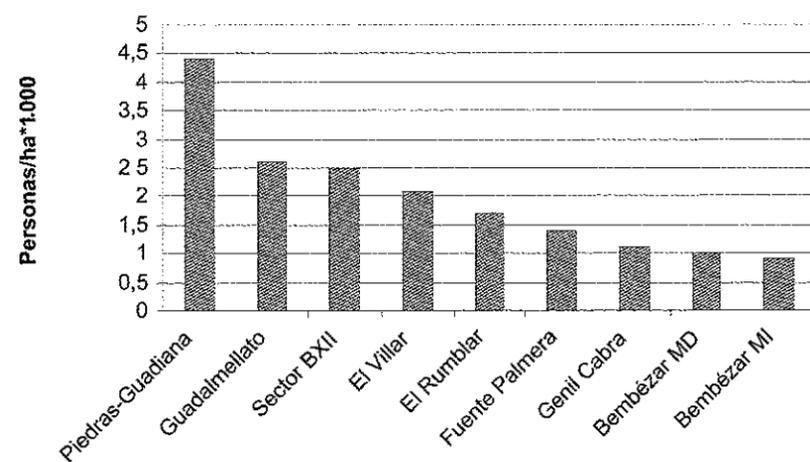


Figura 6. Número de empleados por cada 1.000 ha (2001/02).  
Figure 6. Staffing numbers per 1.000 ha (2001/02).

de caminos (las realiza la propia Comunidad) y para el mantenimiento de la red de drenaje.

En la figura 7 se muestra el indicador *Productividad por unidad de agua de riego*. Este indicador relaciona el valor total de la producción agrícola con la cantidad de agua de riego consumida. La Comunidad de Piedras-Guadiana es la que obtiene la mejor productividad. En las Comunidades de interior se muestran grandes diferencias entre las zonas con redes a presión y las de riego por superficie. Como ejemplo, puede citarse la diferencia existente entre la Comunidad de Regantes de Fuente Palmera, con una productividad por unidad de agua de riego de 1,19 €/m<sup>3</sup> y la de Guadalmellato con sólo 0,44 €/m<sup>3</sup> (datos correspondientes a la campaña 2001/02). Esto es debido a que un uso más eficiente del agua ha llevado al aumento de la productividad por unidad de agua de riego.

Clasificación de las Comunidades de Regantes mediante técnicas de análisis de cluster

Al formar los indicadores de gestión una muestra altamente correlacionada, ha sido necesario un análisis previo de análisis de componentes principales. De esta forma, se ha simplificado el análisis inicial, con más de 21 indicadores (en este apartado no se han considerado los indicadores ambientales y los que representan valores totalizados, como las superficies totales puestas en riego y los volúmenes totales de agua aplicados en la Comunidad), a únicamente 4 (los cuales son combinaciones lineales de los iniciales) con una pérdida de sólo el 25% de la variabilidad existente en la muestra.

El análisis de componentes principales consiste simplemente en un cambio de coordenadas, de manera que sea posible disminuir

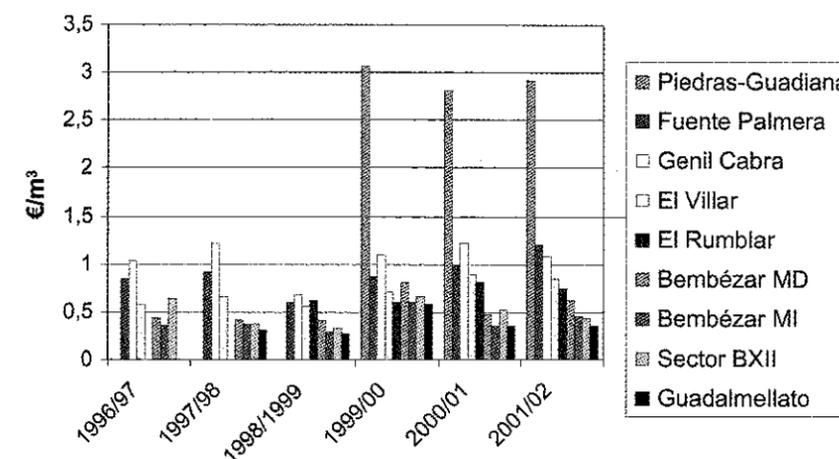


Figura 7. Productividad por unidad de agua de riego (€/m<sup>3</sup>).  
Figure 7. Productivity per unit irrigation volume (€/m<sup>3</sup>).

el número de variables consideradas, sin sufrir una gran pérdida en la varianza de la muestra. De esta forma, cada una de las variables iniciales posee unas coordenadas nuevas en el sistema de los factores principales. En la tabla 2 se muestran las coordenadas de las 21 variables de IPTRID, para los 4 primeros factores principales (los que explican más del 75 %) de la varianza.

Mediante la aplicación de las técnicas de análisis de cluster, usando los cuatro primeros factores principales, se han podido clasificar las Comunidades de Regantes en cuatro grupos estadísticamente homogéneos y representativos de los distintos tipos de regadíos existentes en Andalucía. La clasificación obtenida se muestra en la figura 8, representada en el sistema de coordenadas formado por los dos primeros componentes principales (factor 1 y factor 2, los cuales explican el 60% de la variabilidad existente en la muestra aproximadamente). En la representación gráfica se han tratado todas

las campañas de todas las zonas regables de forma independiente (Rodríguez, 2004).

Las principales características de los 4 cluster obtenidos son las siguientes:

**Cluster 1.** Formado por todas las campañas de la Comunidad de Regantes de Piedras-Guadiana. La Comunidad posee red de distribución a presión, alta productividad por ha y por m<sup>3</sup> de agua de riego, elevado número de empleados, sistema de tarifa binómica y altos costes de manejo.

**Cluster 2.** Constituido por la Comunidad del Sector B XII del Bajo Guadalquivir. Posee sistema de distribución de agua a presión, tarifa por unidad de superficie regada, altos consumos de agua de riego, alto número de empleados y baja productividad por unidad de agua de riego.

**Cluster 3.** Formado por las Comunidades de Regantes con riego por superficie. Se caracteriza por poseer un bajo número de empleados, alto consumo de agua de riego

Tabla 2. Coordenadas de los indicadores de gestión en el sistema formado por los cuatro primeros factores principales

Table 2. Coordinates of the performance indicators in the principal factors system

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m <sup>3</sup> /ha)	0,573	-0,723	0,052	0,173
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m <sup>3</sup> /ha)	0,506	-0,771	0,153	0,232
Eficiencia en la distribución	-0,514	0,176	0,033	-0,482
Suministro relativo de agua	0,491	-0,290	0,558	0,148
Suministro relativo de agua de riego	0,092	0,125	-0,359	-0,091
Capacidad de distribución de agua	0,023	0,360	-0,119	-0,129
Garantía de suministro (%)	-0,371	-0,691	0,023	-0,452
Relación de recuperación de costes	0,137	-0,128	-0,509	-0,031
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,390	-0,513	-0,286	-0,080
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	-0,892	-0,024	0,276	-0,134
Coste por persona empleada (€/persona)	0,126	0,626	-0,033	0,707
Eficiencia en el cobro	0,347	-0,115	-0,626	-0,334
Empleados por unidad de área (personas/ha)	-0,625	-0,426	0,491	-0,215
Retornos medios por m <sup>3</sup> del agua de riego suministrada (€/m <sup>3</sup> )	-0,848	0,403	0,104	-0,116
Costes de manejo por unidad de agua suministrada (€/m <sup>3</sup> )	-0,828	0,410	0,204	-0,112
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	-0,817	-0,475	-0,224	0,200
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	-0,850	-0,448	-0,129	0,222
Productividad por unidad de agua suministrada (€/m <sup>3</sup> )	-0,938	-0,016	-0,205	0,199
Productividad por unidad de agua de riego (€/m <sup>3</sup> )	-0,961	-0,023	-0,167	0,133
Productividad por unidad de agua total (€/m <sup>3</sup> )	-0,911	-0,222	-0,214	0,199
Productividad por unidad de agua consumida (€/m <sup>3</sup> )	-0,842	-0,387	-0,062	0,272

y baja productividad por unidad de agua aplicada

**Cluster 4.** Con el resto de Comunidades de interior con red a presión. Poseen red de distribución a presión, bajo consumo de agua, tarifa binómica, gastos generales no demasiado altos pero elevados costes energéticos y alta productividad por unidad de agua de riego.

### Conclusiones

Los indicadores de gestión son una herramienta adecuada para el análisis y la mejora de las Comunidades de Regantes. En este caso se han aplicado los indicadores des-

arrollados por IPTRID, los cuales son adecuados para identificar las principales características de las distintas Comunidades de Regantes, mostrando las diferencias existentes entre las zonas de interior y las del litoral o las zonas con riegos por superficie y con riegos a presión.

De la comparación de los indicadores de gestión se concluye que en las Comunidades de Regantes con red a presión y que aplican el tipo de tarifa binómica, los consumos de agua son más reducidos que las Comunidades con riego por superficie, principalmente debido al mayor coste del agua de riego para el agricultor. Los reducidos consumos de agua hacen que en estas Comunidades la productividad por unidad de agua de riego sea muy superior a la existente en los siste-

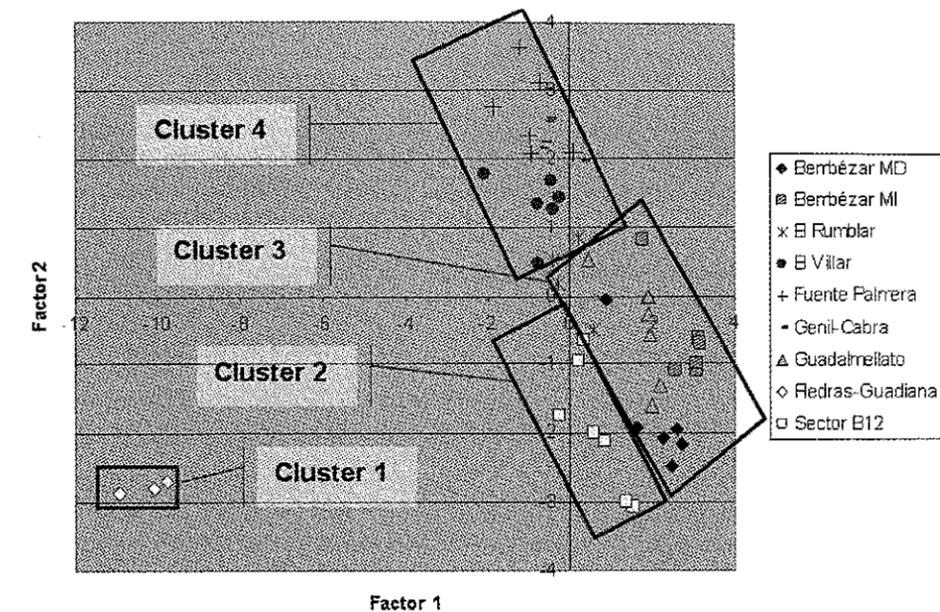


Figura 8. Clasificación de las Comunidades de Regantes según técnicas de análisis de cluster  
Figure 8. Factorial classification of the irrigation districts with the clusters identified.

mas de distribución abiertos. No obstante, los altos costes de manejo de las redes a presión hacen el coste del agua de riego, tanto por unidad de superficie como por unidad de volumen, sea muy superior para sus usuarios.

Mediante técnicas de análisis de cluster se han podido clasificar las nueve Comunidades de Regantes estudiadas en cuatro grupos bien definidos.

El uso de los indicadores de gestión permitirá la aplicación de las técnicas de benchmarking, las cuales están basadas en comparaciones de indicadores y en la determinación de las mejores prácticas existentes en el regadío. La adopción de las mejores prácticas por las zonas con peores rendimientos permitirá la mejora de las mismas, tanto en la gestión del agua de riego como del resto

de recursos empleados en el proceso de producción agrícola.

### Bibliografía

- Cabrera E, 2001. Diseño de un sistema para la evaluación de la gestión de abastecimientos urbanos. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Carrasco JL, Hernán MA, 1993. Estadística Multivariante en las Ciencias de la Vida. Editorial Ciencia 3 Madrid.
- Dayton-Johnson J, 1999. Irrigation organization in Mexican unidades de riego. Irrigation and Drainage Systems. 13: 55-74
- HYDRO ENVIRONMENTAL, 2002. Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 2000/01. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.

- Jain AK, 2000. Statistical Pattern Recognition: A Review. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 22: 4-38
- Levine G, 1982. Relative Water Supply: An explanatory variable for irrigation systems. Technical Report No. 6. Cornell University. Ithaca, New York. EEUU.
- Malano H, Burton M, 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. Roma.
- Rao PS, 1993. Review of selected literature on indicators of irrigation performance. IIMI Research paper No. 13. International Irrigation Management Institute. Colombo. Sri Lanka.
- Rodríguez JA, Camacho E, López R, 2004. Applying Benchmarking and Data Envelopment Analysis (DEA) to Irrigation Districts in Spain. *Irrigation and Drainage*. 53:135-144.
- Rodríguez JA, 2004. Estudio 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.
- (Aceptado para publicación el 3 de febrero de 2005).