



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y
APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING
A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA**



Juan Antonio Rodríguez Díaz

Octubre 2003

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y MONTES

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y
APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A
LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA**

Juan Antonio Rodríguez Díaz

Directores:

Dr. Emilio Camacho Poyato

Dr. Rafael López Luque

Córdoba, Octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y MONTES

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

**ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y
APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A
LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA**

Tesis Doctoral presentada por Juan Antonio Rodríguez Díaz, en satisfacción de los requisitos necesarios para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo y dirigida por los Drs. Emilio Camacho Poyato y Rafael López Luque de la Universidad de Córdoba.

Los directores:

El doctorando:

Fdo.: Dr. Emilio Camacho Poyato

Fdo.: Juan Antonio Rodríguez Díaz

Fdo.: Dr. Rafael López Luque

Córdoba, Octubre de 2003

D. Emilio Camacho Poyato, Profesor Titular de Universidad del Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba, y D. Rafael López Luque, Profesor Titular de Universidad del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Córdoba:

AUTORIZAN a Juan Antonio Rodríguez Díaz, Ingeniero Agrónomo, para la presentación del trabajo que con el título “Estudio de la gestión del agua de riego y aplicación de las técnicas de benchmarking a las zonas regables de Andalucía”, ha realizado bajo su dirección como Tesis para optar al grado de Doctor Ingeniero Agrónomo.

Para que conste y a los efectos oportunos, en cumplimiento de la legislación vigente, dan su conformidad para la presentación de la referida Tesis en la Universidad de Córdoba.

Córdoba, 6 de Octubre de 2003

Fdo.: Emilio Camacho Poyato

Fdo: Rafael López Luque

AGRADECIMIENTOS

Muchas son las colaboraciones que debo agradecer en la presente Tesis, para la cual he tenido la suerte de contar con un excepcional grupo de trabajo, sin cuya ayuda nada de esto hubiese sido posible.

En primer lugar, agradecer su continua atención y ayuda a mis directores: Emilio Camacho y Rafael López. A Emilio por su continuo apoyo y dedicación a este proyecto, su experiencia y conocimiento del regadío han sido indispensables para la realización de este trabajo. A Rafa por ayudarme a no perderme demasiado en la estadística e indicarme siempre el camino a seguir en los momentos en que las ideas no abundaban.

Un agradecimiento tan importante como a mis directores, me gustaría dar a mis dos colaboradores y amigos Luis Pérez y Juan Román Rodríguez, con los que tantos kilómetros de carretera he compartido en la caracterización de las Comunidades de Regantes. Doble debería ser el agradecimiento para Luis, por su gran compromiso con el proyecto y por el desarrollo de la aplicación IGRA la cual permitió organizar el desordenado mar de datos en el que nos encontrábamos inmersos. También agradecer a Raquel Pavón, con la que trabajé en la caracterización de la margen izquierda del Bembézar. Ya sabéis que una gran parte de esta Tesis es también vuestra.

Y aunque no haya trabajado directamente en este trabajo, también me gustaría agradecer su ayuda a Rafael Estévez. Los consejos del primer premio nacional siempre son y serán bienvenidos.

Agradecer el apoyo prestado durante este tiempo a todas las personas que componen la unidad docente de Hidráulica y Riegos: José Roldán, Miguel Alcaide, Pilar Montesinos, Fátima Moreno, María José Polo, Félix de la Poza, João Carlos Ferreira y Fran, sin olvidar a Ana Vacas, por su inestimable ayuda en todos los trámites burocráticos. Además de a toda la gente que ha pasado por el departamento, y que he tenido la suerte de conocer, durante estos tres años. Con buen ambiente de trabajo, todo es más fácil.

A José Antonio Ortiz y Ricardo Segura el haber confiado en nosotros, el enorme interés mostrado y habernos facilitado el trabajo en todo momento.

Agradecer su colaboración al Ministerio de Ciencia y Tecnología por la financiación del proyecto (REN 2000 – 1083/HID) y a las Comunidades de Regantes de El Villar, Genil-Cabra, Fuente Palmera, margen derecha del río Bembézar, margen izquierda del río Bembézar, El Rumblar, Sector B XII del bajo Guadalquivir, Guadalmellato y Piedras-Guadiana, por poner a nuestra disposición todos los datos que nos han sido necesarios.

Y, sobre todo, agradecer y dedicar esta Tesis a mis padres, Juan y Antonia, a mi hermano Rafael Carlos y a mi abuela, allá donde esté, seguro que se alegrará muchísimo. Por último, a Ángela, sin ninguna duda, conocerte ha sido lo mejor que me ha pasado durante este tiempo.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. EL REGADÍO EN EL MUNDO	1
1.1.1. <i>Perspectivas para el regadío</i>	1
1.1.2. <i>Objetivo de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking</i>	2
1.2. EL REGADÍO EN ESPAÑA Y EN ANDALUCÍA EN PARTICULAR	4
1.2.1. <i>Situación del regadío en España</i>	4
1.2.2. <i>Situación del regadío en Andalucía</i>	6
1.2.2.1. <i>Importancia del regadío en Andalucía</i>	6
1.2.2.2. <i>Disponibilidad de agua en Andalucía</i>	8
1.2.3. <i>Planes y programas relacionados con el regadío en Andalucía</i>	9
1.2.4. <i>Aplicaciones de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking en riego</i>	13
1.3. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA PRESENTE TESIS.....	16
1.3.1. <i>Objetivos</i>	16
1.3.2. <i>Estructura</i>	17
1.3.2.1. <i>Uso de los indicadores de gestión y de las técnicas de benchmarking en el regadío</i>	18
1.3.2.2. <i>Identificación de los tipos de regadíos existentes en Andalucía mediante técnicas DEA</i>	18
1.3.2.3. <i>Aplicación de los indicadores de gestión a las Comunidades de Regantes de Andalucía</i>	19
1.3.2.4. <i>Análisis y clasificación de las Comunidades de Regantes mediante los indicadores de gestión</i>	20
1.4. BIBLIOGRAFÍA	21
2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO	25
2.1. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING.....	25
2.1.1. <i>Introducción</i>	25
2.1.2. <i>Origen de las técnicas de benchmarking</i>	26
2.1.3. <i>Definición de benchmarking</i>	27
2.1.4. <i>Aplicaciones de las técnicas de benchmarking</i>	30
2.1.5. <i>Categorías de benchmarking</i>	32
2.1.6. <i>Código de conducta</i>	34
2.1.7. <i>Metodología</i>	35
2.1.8. <i>Benchmarking en el sector público</i>	37
2.2. INDICADORES DE GESTIÓN Y BENCHMARKING APLICADOS A LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO.....	39
2.2.1. <i>Indicadores de Gestión</i>	40
2.2.1.1. <i>Concepto de indicador de gestión</i>	40
2.2.1.2. <i>Tipos de indicadores de gestión</i>	41

2.2.1.3.	Creación de un sistema de indicadores	42
2.2.1.4.	Metodología para el cálculo de los indicadores	43
2.2.1.5.	Comparaciones de zonas regables mediante indicadores de gestión	44
2.2.2.	<i>Antecedentes del uso de los indicadores de gestión en los regadíos</i>	45
2.2.3.	<i>Actividades relacionadas con el riego que podrían ser sometidas a un proceso de benchmarking</i>	58
2.2.4.	<i>Fases para la realización de un estudio de benchmarking en riego</i>	60
2.3.	INICIATIVAS PARA EL ESTUDIO DE LOS REGADÍOS MEDIANTE TÉCNICAS DE BENCHMARKING	64
2.3.1.	<i>Experiencia del USBR Mid-Pacific Region</i>	64
2.3.1.1.	Origen y características del programa	64
2.3.1.2.	Indicadores de gestión considerados	65
2.3.2.	<i>Australian National Committee on Irrigation and Drainage (ANCID)</i>	67
2.3.2.1.	Origen y características del programa	67
2.3.2.2.	Indicadores de gestión considerados	69
2.3.2.3.	Perspectivas futuras y comparación con otros sistemas de gestión mediante indicadores ..	72
2.3.3.	<i>Rapid Appraisal Process (RAP)</i>	73
2.3.3.1.	Origen y características del programa	73
2.3.3.2.	Tipos de indicadores	74
2.3.3.3.	Metodología para la obtención de los indicadores	74
2.3.3.4.	Comparación con los indicadores del IPTRID	76
2.3.3.5.	Indicadores de gestión considerados	76
2.3.4.	<i>International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID)</i>	79
2.3.4.1.	Origen y características del programa	79
2.3.4.2.	Indicadores de gestión considerados	81
2.3.4.3.	Aplicaciones informáticas para el asesoramiento en la gestión.....	84
2.4.	CONCLUSIONES	86
2.5.	BIBLIOGRAFÍA	88
3.	IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA	97
3.1.	INTRODUCCIÓN	97
3.2.	EL REGADÍO EN ANDALUCÍA	99
3.2.1.	<i>Bases de datos utilizadas</i>	99
3.2.2.	<i>Variabilidad climática</i>	100
3.2.3.	<i>Sistemas de riego</i>	101
3.2.4.	<i>Distribución de cultivos</i>	103
3.2.5.	<i>Superficies, consumos de agua y productividades</i>	107
3.2.6.	<i>Antigüedad de los regadíos</i>	109
3.2.7.	<i>Necesidad de un estudio de eficiencia</i>	110
3.3.	METODOLOGÍA	111

3.3.1.	<i>La eficiencia como un proceso global</i>	111
3.3.2.	<i>Modelo CCR</i>	112
3.3.3.	<i>Modelo BCC</i>	115
3.3.4.	<i>Situación objetivo</i>	117
3.3.5.	<i>Test de Wilcoxon- Mann- Whitney</i>	117
3.3.6.	<i>Aplicación de las técnicas DEA al estudio de los regadíos</i>	118
3.4.	RESULTADOS	120
3.4.1.	<i>Aplicación del modelo a la totalidad de Andalucía</i>	120
3.4.2.	<i>Zona interior</i>	122
3.4.3.	<i>Litoral atlántico</i>	125
3.4.4.	<i>Litoral mediterráneo</i>	127
3.4.5.	<i>Eficiencias medias de cada provincia</i>	128
3.4.6.	<i>Eficiencias según los grupos de cultivos</i>	130
3.4.7.	<i>Mejora del regadío con las técnicas DEA</i>	132
3.5.	CONCLUSIONES	136
3.6.	BIBLIOGRAFÍA	137
	ANEJO 3.1. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIEGO	141
	ANEJO 3.2. EFICIENCIA BCC DE LA TOTALIDAD DE ANDALUCÍA	150
	ANEJO 3.3. TEST DE WILCOXON- MANN- WHITNEY	154
	ANEJO 3.4. EFICIENCIAS Y REDUCCIONES DE LAS ÁREAS DE RIEGO DE INTERIOR	159
	ANEJO 3.5. EFICIENCIAS Y REDUCCIONES DE LAS ÁREAS DE RIEGO DEL	
	ATLÁNTICO.....	161
	ANEJO 3.6. EFICIENCIAS Y REDUCCIONES DE LAS ÁREAS DE RIEGO DEL	
	MEDITERRÁNEO	163
4.	APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES	
	DE REGANTES DE ANDALUCÍA.....	165
4.1.	INTRODUCCIÓN	165
4.2.	COMUNIDADES DE REGANTES E INDICADORES DE GESTIÓN	166
4.2.1.	<i>Las Comunidades de Regantes</i>	166
4.2.1.1.	Definición y origen.....	166
4.2.1.2.	Marco legal de las Comunidades de Regantes.....	166
4.2.1.3.	Funciones de las Comunidades de Regantes	167
4.2.1.4.	Las Comunidades de Regantes y los indicadores de gestión	168
4.2.2.	<i>Comunidades de Regantes seleccionadas</i>	169
4.2.3.	<i>Objetivos de la caracterización de las Comunidades de Regantes mediante</i>	
	<i>indicadores de gestión</i>	170
4.3.	INDICADORES DE GESTIÓN EMPLEADOS	172
4.3.1.	<i>Indicadores desarrollados por el IPTRID</i>	172
4.3.1.1.	Características de los indicadores.....	172
4.3.1.2.	Descriptor.....	173

4.3.1.3.	Indicadores.....	177
4.3.2.	<i>Ampliación de indicadores financieros</i>	186
4.3.2.1.	Necesidad de desarrollar nuevos indicadores.....	186
4.3.2.2.	Nuevos indicadores.....	187
4.4.	RECOPIACIÓN DE DATOS.....	194
4.4.1.	<i>Metodología</i>	194
4.4.1.1.	La toma de datos como segunda fase del proceso de benchmarking.....	194
4.4.1.2.	Fuentes de información.....	195
4.4.1.3.	Datos relacionados con la infraestructura en la zona regable.....	196
4.4.1.4.	Datos de productividad.....	197
4.4.1.5.	Datos meteorológicos.....	197
4.4.1.6.	Datos financieros.....	198
4.4.1.7.	Datos ambientales.....	199
4.4.2.	<i>Protocolo de caracterización de Comunidades de Regantes</i>	199
4.4.3.	<i>Protocolo para la realización de los informes</i>	201
4.4.4.	<i>Fiabilidad de los datos e Índice General de Fiabilidad (IGF)</i>	203
4.5.	RESULTADOS.....	207
4.5.1.	<i>Análisis de los indicadores del IPTRID</i>	209
4.5.1.1.	Indicadores de rendimiento.....	209
4.5.1.2.	Indicadores financieros.....	215
4.5.1.3.	Indicadores de eficiencia en la producción.....	220
4.5.1.4.	Coste del agua. Relaciones con el coste de manejo y la productividad.....	224
4.5.2.	<i>Análisis de la ampliación de indicadores financieros</i>	225
4.5.3.	<i>Análisis de la fiabilidad de los datos (IGF)</i>	231
4.5.4.	<i>Importancia de los indicadores ambientales</i>	232
4.6.	CONCLUSIONES.....	237
4.7.	BIBLIOGRAFÍA.....	238
ANEJO 4.1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS VARIABLES EMPLEADAS		
	POR EL IPTRID.....	241
ANEJO 4.2. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS NUEVAS VARIABLES		
	NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE LOS INDICADORES FINANCIEROS.....	251
ANEJO 4.3. IGRA. APLICACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN DE RIEGOS.....		
	254	
ANEJO 4.4. VALORES DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN.....		
	259	
5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES		
MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN.....		
	279	
5.1.	INTRODUCCIÓN.....	279
5.2.	SELECCIÓN DE LOS INDICADORES MÁS REPRESENTATIVOS MEDIANTE	
	EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	281
5.2.1.	<i>Técnicas de análisis de componentes principales</i>	281
5.2.2.	<i>Aplicación de las técnicas de análisis de componentes principales a las zonas regables</i>	282

5.2.2.1.	Indicadores de gestión seleccionados	282
5.2.2.2.	Valores principales	283
5.2.2.3.	Factores principales	284
5.2.2.4.	Coordenadas de las zonas regables	287
5.3.	CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES MEDIANTE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE CLUSTER.....	290
5.3.1.	<i>Objetivo del análisis</i>	<i>290</i>
5.3.2.	<i>Las técnicas de análisis de cluster</i>	<i>290</i>
5.3.3.	<i>Algoritmos particionales.....</i>	<i>292</i>
5.3.4.	<i>Selección de los indicadores empleados para la agrupación</i>	<i>294</i>
5.3.5.	<i>Resultado de la aplicación del algoritmo K-medias</i>	<i>295</i>
5.3.5.1.	Análisis de los cluster resultantes	295
5.3.5.2.	Componentes de cada uno de los cluster	298
5.3.6.	<i>Análisis de la comunidad tipo de cada uno de los cluster</i>	<i>300</i>
5.3.6.1.	Cluster 1	300
5.3.6.2.	Cluster 2	300
5.3.6.3.	Cluster 3	302
5.3.6.4.	Cluster 4	302
5.4.	ÍNDICE DE CALIDAD	304
5.4.1.	<i>Objetivo del Índice de Calidad (IC).....</i>	<i>304</i>
5.4.2.	<i>Estructura del IC</i>	<i>305</i>
5.4.3.	<i>Interpretación del IC.....</i>	<i>309</i>
5.4.4.	<i>Aplicación del IC a las Comunidades de Regantes.....</i>	<i>316</i>
5.4.5.	<i>Análisis de los valores del IC.....</i>	<i>319</i>
5.4.5.1.	Piedras-Guadiana.....	319
5.4.5.2.	Guadalmellato	320
5.4.5.3.	Genil-Cabra	321
5.4.5.4.	Fuente Palmera	322
5.4.5.5.	El Villar	323
5.4.5.6.	Bembézar MI.....	323
5.4.5.7.	Bembézar MD	324
5.4.5.8.	El Rumblar	324
5.4.5.9.	Sector B XII	325
5.5.	CONCLUSIONES	326
5.6.	BIBLIOGRAFÍA	327
6.	CONCLUSIONES.....	329
6.1.	FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN	331

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1. Objetivo de los indicadores de gestión y benchmarking</i>	3
<i>Figura 1.2. Ámbito de uso de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking en riego</i>	15
<i>Figura 2.1. Fases de un proceso de Benchmarking (Adaptado de American Productivity and Quality Center, 2000)</i>	36
<i>Figura 2.2. Dominios sobre los que se podría realizar un proceso de benchmarking en la agricultura (Adaptado de Malano et al., 2001)</i>	59
<i>Figura 2.3. Fases de un estudio de benchmarking (Adaptado de Malano et al., 2001)</i>	60
<i>Figura 2.4. Hoja de cálculo para la gestión de indicadores del IPTRID</i>	84
<i>Figura 2.5. Indicadores de gestión en la página web del IWMI</i>	85
<i>Figura 2.6. Aplicación informática IGRA</i>	86
<i>Figura 3.1. Distribución de la superficie de regadío en las distintas áreas de riego</i>	99
<i>Figura 3.2. Porcentaje de riego por superficie</i>	101
<i>Figura 3.3. Porcentaje de superficie regada mediante riego localizado</i>	102
<i>Figura 3.4. Porcentaje de superficie regada por aspersión</i>	103
<i>Figura 3.5. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos extensivos</i>	104
<i>Figura 3.6. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos leñosos</i>	104
<i>Figura 3.7. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos de hortalizas al aire libre</i>	105
<i>Figura 3.8. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos bajo invernadero</i>	106
<i>Figura 3.9. Porcentaje de superficie ocupada por el cultivo de la fresa</i>	107
<i>Figura 3.10. Antigüedad (en años) de las áreas de riego</i>	109
<i>Figura 3.11. Medida de la eficiencia y holguras en Inputs (Coelli, 1996)</i>	114
<i>Figura 3.12. Eficiencia de escala (Coelli, 1996)</i>	116
<i>Figura 3.13. Esquema de las variables empleadas para el estudio de la eficiencia</i>	119
<i>Figura 3.14. Eficiencia BCC de la totalidad de Andalucía</i>	120
<i>Figura 3.15. Eficiencia BCC de la zona interior</i>	123
<i>Figura 3.16. Eficiencia BCC del litoral atlántico</i>	125
<i>Figura 3.17. Eficiencia BCC del litoral mediterráneo</i>	127
<i>Figura 3.18. Porcentaje de reducción en la zona interior de los inputs: (a) Mano de obra, (b) Superficie, (c) Agua aplicada</i>	133
<i>Figura 3.19. Porcentaje de reducción en el litoral atlántico de los Inputs: (a) Mano de obra, (b) Superficie, (c) Agua aplicada</i>	134
<i>Figura 3.20. Porcentaje de reducción en el litoral mediterráneo de los Inputs: (a) Mano de obra, (b) Superficie, (c) Agua aplicada</i>	135
<i>Figura 4.1. Protocolo para la caracterización de Comunidades de Regantes</i>	200
<i>Figura 4.2. Protocolo de informes</i>	202
<i>Figura 4.3. Suministro de agua de riego por unidad de área regada</i>	209

<i>Figura 4.4. Suministro relativo de agua</i>	211
<i>Figura 4.5. Capacidad de distribución de agua</i>	214
<i>Figura 4.6. Costes de manejo por unidad de área</i>	215
<i>Figura 4.7. Costes de manejo por unidad de agua suministrada</i>	217
<i>Figura 4.8. Empleados por unidad de área (2001/02)</i>	218
<i>Figura 4.9. Productividad por unidad de área regada</i>	220
<i>Figura 4.10. Productividad por unidad de agua de riego</i>	222
<i>Figura 4.11. Productividad por unidad de agua consumida</i>	223
<i>Figura 4.12. Relación entre el coste de manejo del sistema y la productividad</i>	224
<i>Figura 4.13. Ampliación de indicadores financieros para Bembézar MI</i>	226
<i>Figura 4.14. Ampliación de indicadores financieros para Bembézar MD</i>	226
<i>Figura 4.15. Ampliación de indicadores financieros para Guadalmellato</i>	227
<i>Figura 4.16. Ampliación de indicadores financieros para El Rumbiar</i>	227
<i>Figura 4.17. Ampliación de indicadores financieros para Genil-Cabra</i>	228
<i>Figura 4.18. Ampliación de indicadores financieros para Fuente Palmera</i>	229
<i>Figura 4.19. Ampliación de indicadores financieros para el sector B XII</i>	229
<i>Figura 4.20. Ampliación de indicadores financieros para Piedras-Guadiana</i>	230
<i>Figura 4.21. Ampliación de indicadores financieros para El Villar</i>	230
<i>Figura 4.22. Localización de los puntos de muestreo</i>	233
<i>Figura 4.23. Salida del agua de la presa de derivación del Bembézar al canal</i>	234
<i>Figura 4.24. Derivación del canal</i>	234
<i>Figura 4.25. Entrada del agua a la parcela</i>	235
<i>Figura 4.26. Drenaje del agua al río Guadalquivir</i>	235
<i>Figura 4.27. Evolución temporal de la conductividad eléctrica (CE)</i>	236
<i>Figura 4.28. Ventana principal</i>	255
<i>Figura 4.29. Ventana de descriptores</i>	255
<i>Figura 4.30. Ventana de variables</i>	256
<i>Figura 4.31. Ventana de indicadores</i>	256
<i>Figura 4.32. Ventana de registros de la base de datos</i>	257
<i>Figura 4.33. Ventana de la tabla de la base de datos</i>	257
<i>Figura 4.34. Ventana de gráficos</i>	258
<i>Figura 4.35. Ayuda de la aplicación</i>	258
<i>Figura 5.1. Metodología para la clasificación y estudio de Comunidades de Regantes</i>	280
<i>Figura 5.2. Zonas regables según los dos primeros factores</i>	289
<i>Figura 5.3. Coordenadas de cada uno de los cluster</i>	296
<i>Figura 5.4. Representación gráfica de los cluster</i>	299

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1. Principales tipos de regadíos de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 1999)</i>	7
<i>Tabla 1.2. Déficit hídrico en Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 1999)</i>	8
<i>Tabla 1.3. Cuenca del Guadalquivir y cuencas litorales (Corominas, 1996)</i>	9
<i>Tabla 3.1. Superficie ocupada por cada uno de los grupos de cultivos</i>	107
<i>Tabla 3.2. Productividad de cada uno de los bloques de cultivos (1999)</i>	108
<i>Tabla 3.3. Consumos de agua de cada grupo de cultivos</i>	108
<i>Tabla 3.4. Valores medios de la eficiencia BCC según provincias</i>	128
<i>Tabla 3.5. Valores medios de la eficiencia BCC según los grupos de cultivos</i>	130
<i>Tabla 3.6. Valores medios de la eficiencia BCC de los cultivos leñosos</i>	131
<i>Tabla 3.7. Valores medios de la eficiencia BCC de los cultivos extensivos</i>	132
<i>Tabla 4.1. Comunidades de Regantes estudiadas</i>	169
<i>Tabla 4.2. Descriptores de las zonas regables</i>	173
<i>Tabla 4.3. Indicadores de Rendimiento (Primera parte)</i>	179
<i>Tabla 4.4. Indicadores de Rendimiento (Segunda parte)</i>	180
<i>Tabla 4.5. Indicadores Financieros (Primera parte)</i>	181
<i>Tabla 4.6. Indicadores Financieros (Segunda parte)</i>	182
<i>Tabla 4.7. Indicadores de Eficiencia en la Producción (Primera parte)</i>	183
<i>Tabla 4.8. Indicadores de Eficiencia en la Producción (Segunda parte)</i>	184
<i>Tabla 4.9. Indicadores Ambientales</i>	185
<i>Tabla 4.10. Indicadores de Costes Energéticos</i>	188
<i>Tabla 4.11. Indicadores de Gastos Generales (Primera parte)</i>	189
<i>Tabla 4.12. Indicadores de Gastos Generales (Segunda parte)</i>	190
<i>Tabla 4.13. Indicadores de Costes de Confederación Hidrográfica (Primera parte)</i>	191
<i>Tabla 4.14. Indicadores de Costes de Confederación Hidrográfica (Segunda parte)</i>	192
<i>Tabla 4.15. Indicadores de Costes de Personal</i>	193
<i>Tabla 4.16. Índice General de Fiabilidad</i>	205
<i>Tabla 4.17. Fiabilidad de los datos según el IGF</i>	207
<i>Tabla 4.18. Valores del IGF</i>	231
<i>Tabla 4.19. Indicadores ambientales en el Genil-Cabra</i>	232
<i>Tabla 4.20. Conductividad eléctrica y pH en cada punto de muestreo</i>	236
<i>Tabla 4.21. Indicadores del IPTRID para El Villar</i>	260
<i>Tabla 4.22. Ampliación de indicadores financieros para El Villar</i>	261
<i>Tabla 4.23. Indicadores del IPTRID para Bembézar M.I.</i>	262
<i>Tabla 4.24. Ampliación de indicadores financieros para Bembézar M.I.</i>	263
<i>Tabla 4.25. Indicadores del IPTRID para Fuente Palmera</i>	264
<i>Tabla 4.26. Ampliación de indicadores financieros para Fuente Palmera</i>	265
<i>Tabla 4.27. Indicadores del IPTRID para Guadalquivir</i>	266

<i>Tabla 4.28. Ampliación de indicadores financieros para Guadalmellato</i>	267
<i>Tabla 4.29. Indicadores del IPTRID para el Genil-Cabra</i>	268
<i>Tabla 4.30. Ampliación de indicadores financieros para el Genil-Cabra</i>	269
<i>Tabla 4.31. Indicadores del IPTRID para Piedras-Guadiana</i>	270
<i>Tabla 4.32. Ampliación de indicadores financieros para Piedras Guadiana</i>	271
<i>Tabla 4.33. Indicadores del IPTRID para El Rumblar</i>	272
<i>Tabla 4.34. Ampliación de indicadore financieros para El Rumblar</i>	273
<i>Tabla 4.35. Indicadores del IPTRID para Bembézar MD</i>	274
<i>Tabla 4.36. Ampliación de indicadores financieros para Bembézar MD</i>	275
<i>Tabla 4.37. Indicadores del IPTRID para el Sector B XII</i>	276
<i>Tabla 4.38. Ampliación de indicadores financieros para el Sector B XII</i>	277
<i>Tabla 5.1. Valores principales</i>	284
<i>Tabla 5.2. Coordenadas de las variables iniciales</i>	285
<i>Tabla 5.3. Contribución de las variables iniciales</i>	286
<i>Tabla 5.4. Coordenadas de las Comunidades de Regantes</i>	287
<i>Tabla 5.5. Factores empleados en el análisis de cluster</i>	295
<i>Tabla 5.6. Estadística descriptiva del cluster 1</i>	296
<i>Tabla 5.7. Estadística descriptiva del cluster 2</i>	297
<i>Tabla 5.8. Estadística descriptiva del cluster 3</i>	297
<i>Tabla 5.9. Estadística descriptiva del cluster 4</i>	297
<i>Tabla 5.10. Zonas y campañas correspondientes a cada cluster</i>	298
<i>Tabla 5.11. Cálculo del IC</i>	305
<i>Tabla 5.12. Cálculo del Nivel 1</i>	306
<i>Tabla 5.13. Cálculo del Nivel 2</i>	307
<i>Tabla 5.14. Cálculo del Nivel 3</i>	307
<i>Tabla 5.15. Cálculo del Nivel 4</i>	308
<i>Tabla 5.16. Ejemplo de aplicación del IC</i>	310
<i>Tabla 5.17. Ejemplo de aplicación del IC (ranking)</i>	311
<i>Tabla 5.18. Interpretación del Nivel 1</i>	312
<i>Tabla 5.19. Interpretación del Nivel 2</i>	313
<i>Tabla 5.20. Interpretación del Nivel 3</i>	314
<i>Tabla 5.21. Interpretación del Nivel 4</i>	316
<i>Tabla 5.22. Resultado de la aplicación del IC</i>	317
<i>Tabla 5.23. Resultado de la aplicación del IC (ranking)</i>	318



Capítulo 1

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL REGADÍO EN EL MUNDO

1.1.1. Perspectivas para el regadío

Desde tiempos inmemoriales, el hombre ha conocido la estrecha relación entre el agua y la productividad de sus cosechas. En la actualidad, la superficie de regadío en el mundo se sitúa en más de 275 millones de ha, superficie que continúa creciendo, experimentando un crecimiento anual de 4 millones de ha, lo que significa un 1,5 % por año. No obstante, esa superficie sólo representa un pequeño porcentaje de la superficie cultivada, la cual se cifra en algo más de la mitad de las 3200 millones de ha cultivables (Lal, 1988).

Al contrastar estos datos de superficie cultivada y regada con los del aumento que la población mundial está experimentando, se puede ver que si en el año 2000 la superficie cultivada *per capita* era de 0,23 ha, según las previsiones, esta se reducirá hasta las 0,15 ha en el año 2050, estabilizándose en 0,14 ha para el año 2100 (Lal y Pierce, 1991). Esta menor superficie cultivada por habitante, obligará a intensificar los sistemas de producción con la finalidad de satisfacer la futura demanda de alimentos.

Este descenso de la disponibilidad de superficie obligará al regadío a ser el encargado de asumir gran parte de ese aumento de la producción. Según Seckler *et al.* (1998) el 80 % de los nuevos alimentos necesarios para alimentar a la creciente población deberá provenir de las zonas regables.

Las previsiones son aún más alarmistas si se considera que de ese desproporcionado aumento de la población (se espera una población de entre 10 y 12 mil millones de habitantes para el año 2050), más del 95 % tendrá lugar en países en vías de desarrollo, especialmente en Asia y en el África Subsahariana (Pinstrup-

Andersen *et al.*, 1997), donde ya en estos momentos existen problemas de disponibilidad de alimentos.

Un problema añadido al de la disponibilidad de superficie agrícola es el de la disponibilidad de agua. Si en el año 2000 el 50 % de la población mundial se centraba en áreas urbanas, se prevé que este porcentaje aumente hasta el 60 % de la población en el año 2025. Este aumento de la población localizada en áreas urbanas originará un incremento de la demanda de agua para aplicaciones domésticas e industriales (Serageldin, 1995). Lógicamente, este aumento de la demanda de agua para uso doméstico e industrial originará una menor disponibilidad de agua para el riego. Como ejemplo, citar que sólo en los países en desarrollo el uso del agua con fines doméstico e industrial aumentará desde el 13 % en el año 1995 hasta el 27 % en el año 2020 con respecto a la totalidad del recurso.

Ante esto, el regadío deberá lograr unas mayores productividades, optimizando al máximo el uso del agua, un recurso que cada vez será más escaso en los próximos años. Este aumento de las productividades, con el mínimo coste posible, deberá, al mismo tiempo, ser respetuoso con el ya deteriorado Ambiente, intentando buscar una sostenibilidad en el tiempo que permita a las futuras generaciones seguir disfrutando de los recursos actuales en el mejor estado que sea posible.

1.1.2. Objetivo de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking

En el apartado anterior, se hizo referencia al gran reto al que se va a enfrentar el regadío para suministrar alimentos a una población mundial creciente, necesitando que esa producción sea sostenible en el tiempo.

Esta nueva situación obligará a optimizar los regadíos actuales, optimizando al máximo el manejo de los sistemas de riego, con el objetivo de aumentar la productividad por unidad de superficie, reduciendo al máximo el consumo de agua.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas para planificar ese deseado aumento de la eficiencia y de la productividad son los indicadores de gestión y la comparación de los mismos mediante las técnicas de benchmarking. Dichas técnicas no son más que la búsqueda de las mejores prácticas, con el objetivo de mejorar los rendimientos de las organizaciones, mediante la experiencia obtenida del estudio de organizaciones similares o procesos equivalentes (Malano, 2003). La herramienta para la realización de dichas comparaciones son los indicadores de gestión y mediante la comparación de los mismos se podrá detectar cuales son las prácticas que llevan a una zona regable¹ a una gestión más eficiente de los diferentes recursos. Las aplicaciones de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking se resumen en la Figura 1.1.

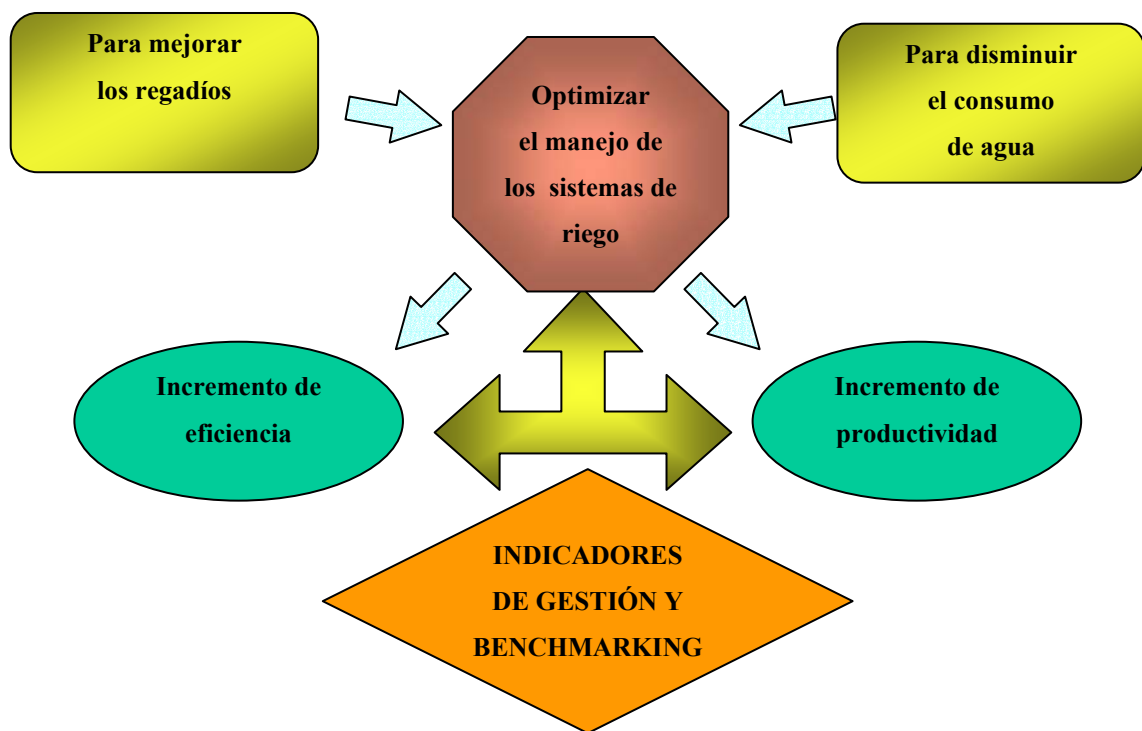


Figura 1.1. Objetivo de los indicadores de gestión y benchmarking

¹ Superficie que tiene derecho al uso de aguas otorgadas por una concesión para riego (Losada, 1998)

El Banco Mundial, con el principal objetivo de optimizar al máximo las inversiones realizadas en obras para la creación y mejora de regadíos en los países del tercer mundo, lideró la iniciativa para el desarrollo, junto con otras organizaciones internacionales relacionadas con el regadío (IPTRID, FAO, IWMI e ICID), de un sistema de indicadores de gestión para la comparación de zonas regables de cualquier parte del mundo y sentó las bases para la aplicación de un proceso de benchmarking a las zonas regables. Este sistema fue desarrollado por el International Program for Technology and Research on Irrigation and Drainage (IPTRID) y es de aplicación universal, válido para las zonas regables de todo el mundo pese a las enormes diferencias que existen entre ellas.

En el citado conjunto de indicadores de gestión trata los principales aspectos relacionados con la gestión de una zona regable, como son el de la eficiencia en el uso del agua y cómo esta es capaz de satisfacer las necesidades de los cultivos, la eficiencia financiera de la zona regable, la eficiencia en la producción de alimentos y la sostenibilidad ambiental de la zona regable.

1.2. EL REGADÍO EN ESPAÑA Y EN ANDALUCÍA EN PARTICULAR

1.2.1. Situación del regadío en España

La marcada estacionalidad de las precipitaciones en gran parte de España ha hecho que durante toda la historia el regadío haya sido un elemento indispensable para la agricultura, el cual ha permitido diversificar cultivos y generar riqueza en las zonas en las que se ha implantado.

Esta estacionalidad de las precipitaciones, hace que los ríos españoles presenten caudales muy variables a lo largo del año. Los ríos recogen al año unos 106000 hm³ de

1. INTRODUCCIÓN

agua, de los que sólo se podrían utilizar 9000 en el caso de no existir embalses. La proporción de agua que se puede emplear de forma natural, sin hacer pantanos de almacenamiento, es pequeña, no llegando al 10%. Sucede esto porque los ríos españoles tienen grandes diferencias de caudal entre unas estaciones y otras: su régimen es predominantemente torrencial, y esto hace muy difícil su aprovechamiento.

Para intentar amortiguar el efecto de la estacionalidad, en España se han realizado numerosas obras hidráulicas con el objetivo de almacenar el agua excedentaria de los períodos húmedos y usarla en los momentos de menor disponibilidad de agua. Actualmente España cuenta con una capacidad de almacenamiento de agua de más de 50000 hm³ al año, lo cual aporta una disponibilidad de agua de unos 2800 m³ por persona al año.

La superficie de uso agrario en España es de 42,7 millones de ha, lo que representa prácticamente el 85 % del territorio nacional. De esa superficie, como tierras de cultivo únicamente se utilizan 20,4 millones de ha, de las cuales 17,1 millones se cultivan como secano y únicamente 3,3 millones se dedican a la agricultura de regadío, de ellas 0,9 millones son regadas con aguas subterráneas y las restantes con aguas procedentes de cauces superficiales (Del Campo, 2002). La importancia del regadío con respecto al conjunto de actividades económicas nacionales, se puede indicar diciendo que el regadío produce el 2% del PIB del conjunto de España y da empleo al 4% de la mano de obra ocupada.

Según el Plan Nacional de Regadíos (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2001), la superficie regable en España es de 3761034 ha y la superficie regada es 3344637 ha. El sistema de riego predominante es el de gravedad con un 59 %, un 24 % se riegan mediante aspersión y un 17 % mediante riego localizado. Aunque España es el país de la Unión Europea con la mayor superficie en regadío, la superficie regada en España supone únicamente el 17,56 % del área total cultivada (porcentaje inferior al de países como Grecia, Italia o Portugal) y genera el 35 % de la producción final agrícola.

El regadío es la actividad que mayor cantidad de agua demanda al año en España, cifrándose en 24250 hm³/año. Pese a esto, el porcentaje de agua dedicada a la agricultura está disminuyendo significativamente, estimándose que en los últimos 15 años el agua dedicada al regadío ha pasado de un 80 % a un 67 %, aumentando la dedicada a usos urbanos, actividades industriales y la demanda para usos ecológicos.

1.2.2. Situación del regadío en Andalucía

1.2.2.1. Importancia del regadío en Andalucía

En regiones semiáridas como Andalucía, la prosperidad de las zonas agrícolas siempre ha tenido una estrecha relación con la disponibilidad de agua que permita asegurar las cosechas.

Las peculiaridades del clima de Andalucía, con inviernos suaves y húmedos, pero veranos extremadamente secos y calurosos, hacen que el regadío sea de gran importancia tanto para asegurar las cosechas de invierno, como para la posibilidad de producir una amplia gama de cultivos de verano, de mayor valor económico, que en situaciones de secano serían inviables.

La vital importancia de la agricultura de regadío se podría resumir indicando que las 815000 ha de regadío en Andalucía, únicamente el 19% de la superficie cultivada, producen el 53% de la producción final agraria y un 55% del empleo generado en la agricultura (Consejería de Agricultura y Pesca, 1999).

Esta clara contribución a la riqueza y al empleo, hacen que durante toda la historia, hayan predominado los aspectos territoriales y sociales sobre los realmente relacionados con la economía.

La contribución al aumento de la riqueza queda patente al indicar que una hectárea de regadío tiene una productividad seis veces superior a una de secano y genera

1. INTRODUCCIÓN

una renta cuatro veces superior, una renta que además de ser considerablemente mayor, presenta la ventaja de ser más segura al depender menos de las condiciones meteorológicas. Este aumento de la productividad y la riqueza tiene una importante mejora en el empleo generado, mientras una hectárea de secano genera 0,037 UTA, una de regadío va a generar 0,141 UTA, diferencias que en algunas zonas de litoral son sensiblemente superiores, pudiendo llegar a producir 50 veces más empleo una hectárea de regadío que una de secano. Dentro de Andalucía, se podrían distinguir tres zonas en las que el regadío es de suma importancia (Tabla 1.1), como son los cultivos bajo invernadero del litoral mediterráneo, las fresas y los cítricos en la costa de Huelva y los riegos de olivar en Jaén.

Tabla 1.1. Principales tipos de regadíos de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 1999)

Zona	Superficie (ha)	Producción (millones de €/año)	Empleo (UTA)
Invernaderos de Almería	25700	1021,72	19800
Olivar en Jaén	156000	324,54	15500
Fresas y cítricos de Huelva	20500	249,42	9800
Total	202200	1595,69	45100
% Sobre total Regadíos	24,8	42,1	36,1
% Sobre total Agricultura	4,8	22,6	20,5

Estas tres zonas, representan tres tipos de agricultura distinta, tanto por productividades, clima y manejo de los cultivos. Pero como estudio preliminar, se podrían hacer ciertas consideraciones, como por ejemplo que una hectárea de invernaderos en Almería genera 0,77 UTA, mientras que una hectárea de riegos de olivar en Jaén únicamente va a generar 0,1 UTA. La misma comparación se podría hacer estudiando la riqueza generada, una UTA en los invernaderos de Almería generaría 51687 €/año, mientras que esa misma UTA generaría en las fresas y cítricos de Huelva 25242 €/año y en los riegos de olivar de Jaén 20434 €/año.

Por tanto, la creación de una hectárea de regadío, va a tener consecuencias distintas tanto en la creación de empleo como en la riqueza generada, dependiendo de la

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

zona en que se vaya a crear y de los tipos de cultivos, de mayor o menor valor económico, que se van a producir.

Además de esta influencia directa, el regadío también produce un claro impulso en la industria agroalimentaria, el sector más importante de Andalucía. Además de ciertos factores sociales de gran importancia, como son la contribución a la fijación de la población, aumento de las rentas y consecuente aproximación de la renta agraria a la del resto de sectores, estabilización económica en tiempos de recesión y mayor crecimiento que la agricultura de secano en épocas de expansión.

1.2.2.2. Disponibilidad de agua en Andalucía

Por las razones anteriormente expuestas, el regadío se podría definir como un claro impulsor de la riqueza y prosperidad económica de las zonas agrícolas. Pero el agua es un bien escaso en Andalucía, comunidad que presenta un claro déficit estructural, situación más alarmante en el sureste, como es el caso de Almería en donde el 64% del agua empleada es de origen subterráneo, con el consiguiente deterioro de calidad, debido a la sobreexplotación e intrusión marina. En la Tabla 1.2 se muestra el balance de recursos y demandas existentes en Andalucía.

Tabla 1.2. Déficit hídrico en Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca, 1999)

Recursos Disponibles (hm ³ /año)	4803
Demandas actuales (hm ³ /año)	5454
Déficit global (hm ³ /año)	-651
Suma de déficits locales (hm ³ /año)	-945
Déficit global/ Recursos (%)	13,5
Suma de déficits locales/ Recursos (%)	19,7

1. INTRODUCCIÓN

El déficit hídrico es de aproximadamente el 20 %. Este déficit no se distribuye de manera uniforme, la mayor parte de la superficie de Andalucía (60%) se encuentra en la cuenca del Guadalquivir, el resto corresponde a una serie de cuencas litorales en las cuales, hablando en términos globales, este déficit es más acusado (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Cuenca del Guadalquivir y cuencas litorales (Corominas, 1996)

	Guadalquivir	Cuencas litorales	Total Andalucía
Recursos Disponibles (hm ³ /año)	3099	1704	4803
Demandas actuales (hm ³ /año)	3588	1866	5454
Déficit global (hm ³ /año)	-489	-162	-651
Suma de déficits locales (hm ³ /año)	-526	-419	-945
Déficit global/ Recursos (%)	15,8	9,5	13,5
Suma de déficits locales/ Recursos (%)	17,0	22,4	19,7

Esta marcada diferencia entre las demandas y los recursos disponibles hacen que, pese a que en los últimos años la capacidad de regulación y de embalse haya aumentado considerablemente, los embalses sean incapaces de realizar la función de regulación interanual, para la que fueron diseñados. Debido a que tradicionalmente el aumento de la capacidad de embalse ha derivado en un aumento descontrolado de la superficie de regadío que ha derivado en que las épocas de sequía hayan sido cada vez más desastrosas que las precedentes.

1.2.3. Planes y programas relacionados con el regadío en Andalucía

Como ya se ha citado, la creación de nuevas superficies de regadío aporta grandes beneficios económicos tanto para los agricultores como para el propio entorno. Pero en la situación actual de la política comunitaria no es justificable un aumento de la superficie de regadío a la vez que existirían bastantes dificultades para encontrar un mercado que acoja ese exceso de producción.

Los objetivos de la Política Agraria Común para los próximos años se establecieron en la Agenda 2000, en ella se pretende llegar un paso más allá en la liberalización de la agricultura comunitaria y consecuente aproximación de los precios de los productos agrícolas a los precios del mercado mundial. Además de hacer hincapié en el desarrollo de una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente y que garantice un nivel de vida justo para los agricultores.

El proceso de liberalización y de reducción de ayudas que sufre la agricultura europea, hace difícilmente justificable la creación de nuevos regadíos, especialmente cultivos COP, en los que la agricultura andaluza se encuentra en clara desventaja respecto al resto de productores europeos, debido a que aquí se obtienen rendimientos sensiblemente menores y para los que se hace necesaria la aplicación del agua de riego, un coste adicional que los hace poco competitivos. De este bajo rendimiento, se deriva el que las subvenciones unitarias por unidad de superficie sean más bajas que las que se obtienen en el resto de países comunitarios. Si a esto le sumamos que el hipotético aumento de producción ocasionado por la puesta en riego de nuevas zonas agrícolas traería consigo penalizaciones por exceso de producción, se llega a la conclusión de que la creación de nuevos regadíos dedicados a cultivos continentales no es una decisión demasiado justificable.

En el polo opuesto se encuentran los cultivos mediterráneos, con una protección sensiblemente inferior al de los cultivos continentales y para los que no existen actualmente limitaciones a la producción ni a la exportación. Esto unido a las buenas condiciones existentes en gran parte de Andalucía para la producción de frutas y de hortalizas, son más adecuadas que las existentes en la mayoría de países europeos, se podría decir que la creación de nuevas zonas de regadío dedicadas a los cultivos mediterráneos, así como la consolidación y mejora de las ya existentes, sería una decisión acertada.

Un nuevo problema para nuestra agricultura lo supone la Directiva Marco Comunitaria de Política de Aguas (UE, 2000), la cual obliga a los estados miembros a cobrar a los agricultores el precio real del agua (Cabrera *et al.*, 2003). Esto va a suponer

1. INTRODUCCIÓN

un coste añadido para el agricultor, si se tiene en cuenta que actualmente en la mayor parte de las comunidades de regantes se paga por hectárea regada, con un coste inferior al que realmente tiene dicho recurso (Massarutto, 2003).

Dentro de este marco de liberalización de la agricultura europea, una de las pocas vías de ayuda que van a disponer los gobiernos dentro de la política comunitaria, va a ser la creación y mejora de las infraestructuras hidráulicas, una medida que permitiría aumentar la garantía de suministro y la capacidad de regulación de los embalses para intentar amortiguar los efectos de la sequía, e intentar que la sequía hídrica no sea necesariamente equivalente a sequía hidráulica y que la ausencia de precipitaciones no siempre indique la imposibilidad de poder regar.

En la creación de infraestructuras hidráulicas se centra el Plan Hidrológico Nacional (PHN) (BOE, 2001), en donde se trata principalmente en creación de nuevos embalses y en realización de un gran trasvase para intentar paliar los desequilibrios existentes en el conjunto de España. Por tanto, es un plan que considera un aumento de la oferta hídrica más que una adecuada gestión de la demanda.

El PHN contempla el trasvase de un volumen máximo de 1050 hm³ desde la zona del Bajo Ebro. De esta cantidad, Andalucía recibirá 95 hm³ destinados a la Cuenca Sur. El destino de esa agua trasvasada nunca será para la creación de nuevos regadíos, aunque si podrá destinarse a la consolidación de las dotaciones de los regadíos existentes.

Para la Cuenca del Guadalquivir el PHN no considera que la solución sean las transferencias de agua desde las cuencas externas y propone la utilización de las aguas subterráneas para paliar el efecto de la sequía, medidas de mejora y modernización y la creación de una serie de embalses en la cuenca (Roldán y Alcaide, 2001).

Las inversiones del PHN para el período 2000-2008 ascienden a más de 18000 millones de € para el conjunto de España. De esa cantidad, algo más de 4000 millones

de € corresponden a Andalucía, de los que 1382 millones de € están destinados a la modernización de regadíos.

Posterior al PHN es el Plan Nacional de Regadíos (PNR) Horizonte 2008 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2001) y se centra principalmente en la consolidación y mejora de los regadíos. Dicho programa contempla tres líneas de actuación:

- **Consolidación y mejora de los regadíos ya existentes**, estima que la superficie a mejorar en Andalucía es el 17 % de la superficie regada y que la superficie infradotada y que, por tanto, es necesario consolidar asciende al 57 % de la superficie total. El PNR prevé actuar sobre el 50 % de dicha superficie antes del año 2008.
- **Creación de nuevos regadíos**, según el PNR actualmente no es conveniente la ejecución de nuevas transformaciones. No obstante, recoge tres programas que suponen un pequeño incremento:
 - **Regadíos en ejecución**, hace referencia a la terminación de las obras ya programadas y estima la creación de 138365 ha hasta el año 2008 en toda España, de ellas sólo el 17 % corresponderían a Andalucía.
 - **Regadíos de interés social**, en los que se consideran factores como la necesidad de desarrollo económico, fijación de la población, etc. Este tipo de regadíos supondrán un total de 86426 ha puestas en riego, de las que Andalucía sólo dispondrá de 4000 ha correspondientes a la zona del litoral.
 - **Regadíos privados**, estima una transformación de hasta 18000 ha.
- **Programas de apoyo**, intentarán controlar la evolución de las actuaciones y de la formación y mejora de técnicos y regantes.

1. INTRODUCCIÓN

Es necesario destacar que el PNR no especifica las zonas a modernizar, carece de estimaciones del ahorro de agua que se podría conseguir y no realiza estimaciones sobre qué cultivos serían los adecuados.

Preciso es el Decreto Andaluz de Regadíos (Consejería de Agricultura y Pesca, 2001) por el que se conceden ayudas de hasta el 50-60 % para obras de transformación, modernización y reutilización de las zonas regables, hasta del 75 % en instrumentos de medición y control y programas de mejoras de la gestión del regadío.

El Decreto Andaluz de Regadíos propone el desarrollo de una serie de instrumentos relacionados con un mejor y más eficiente uso del agua:

- Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica con toda la información de los regadíos andaluces.
- Creación de una red de estaciones agrometeorológicas.
- Creación de aplicaciones informáticas para la mejora de la gestión de las comunidades de regantes.
- Sistemas de asesoramiento al regante, que comprenderían importantes ayudas para la creación de una oficina técnica, material didáctico y programas de formación.

Este conjunto de medidas, además de prever la mejora en infraestructuras, tienen en cuenta factores como el asesoramiento técnico al regante, medidas que pueden ser igual o más efectivas que la costosa mejora de infraestructuras hidráulicas y que hasta ahora han sido frecuentemente ignoradas.

1.2.4. Aplicaciones de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking en riego

Todo lo anteriormente expuesto indica claramente que los retos a los que se va a enfrentar el regadío en Andalucía e incluso en la totalidad de España son radicalmente distintos a los que se va a enfrentar el regadío en la mayor parte del mundo.

En nuestro país no es previsible que haya que enfrentarse a una desproporcionada población creciente a la que haya que alimentar, siendo mucho más real pensar en no llegar a tener problemas de exceso de producción, los cuales podrían distorsionar gravemente los mercados.

Los mayores problemas a los que se va a enfrentar el regadío andaluz en los próximos años serían, como ya se ha citado anteriormente, un considerable descenso de las ayudas comunitarias y la entrada de la Directiva Marco Comunitaria sobre Políticas de Aguas en la cual nuestra agricultura perderá gran parte de su competitividad al tener que hacer frente a unos costes, los del agua, que no serán necesarios en otras partes de Europa.

Además de los temas puramente económicos y políticos hay que añadir la creciente presión social, la cual solicita el agua para otros usos como pueden ser los ecológicos, ocio, industrial... además de una mayor concienciación sobre la necesidad de una sostenibilidad del regadío, causando el menor daño posible al medio ambiente.

Todo esto obligará a que cada vez sea más necesario un uso eficiente del agua y del resto de recursos empleados en el regadío. Mediante el uso de los indicadores de gestión y de las técnicas de benchmarking se podrán detectar las mejores prácticas, siempre buscando un aumento de la eficiencia en el uso de los recursos. El conocimiento de las mejores prácticas podría conducir a una mejora en la gestión de las zonas regables, lo que podría, en algunos casos, lograr los objetivos de aumento de la eficiencia sin necesidad de realizar grandes obras de rehabilitación. Las utilidades de la aplicación de los indicadores de gestión y de las técnicas de benchmarking en Andalucía se resumen en la Figura 1.2.

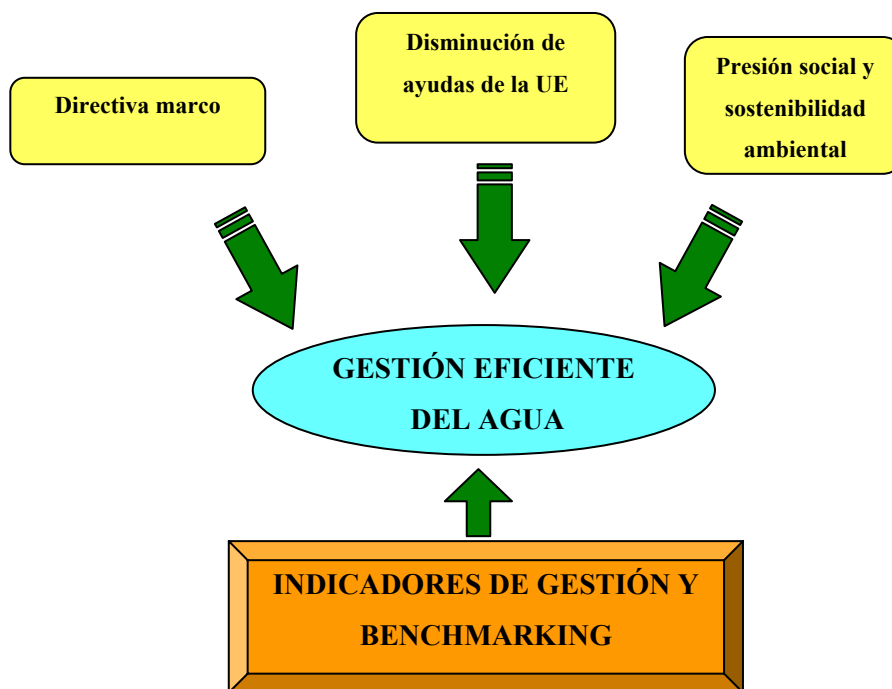


Figura 1.2. Ámbito de uso de los indicadores de gestión y las técnicas de benchmarking en riego

Además de esto, el regadío en Andalucía se encuentra en un proceso de modernización, habiéndose iniciado proyectos de modernización en un gran número de zonas regables. Mediante la toma de indicadores de gestión antes y después de la actuación se podrá comprobar hasta que punto se han cumplido los objetivos inicialmente propuestos y de esta forma justificar o no las grandes inversiones realizadas. Los indicadores también podrían indicar en qué aspectos sería necesario incidir en un proceso global de modernización e indicar hasta que punto sería justificable una gran inversión.

Resumiendo, el uso de los indicadores de gestión y la posterior comparación de las zonas estudiadas, podría tener las siguientes aplicaciones:

1. Mejora de la eficiencia mediante la comparación de unas zonas con otras, o de una misma zona estudiando su serie histórica, y la búsqueda de las mejores prácticas.
2. Identificar zonas a mejorar, localizando los aspectos en los que sería necesario incidir y si sería justificable una gran inversión o bastaría con una mejora en la gestión en algún determinado aspecto.
3. Justificar las inversiones realizadas, mediante la toma de indicadores antes y después de las actuaciones.

1.3. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA PRESENTE TESIS

1.3.1. Objetivos

Hasta la fecha, han sido numerosas las propuestas de conjuntos de indicadores de gestión para el estudio de zonas regables. No obstante, las aplicaciones directas de los mismos son prácticamente inexistentes y, de existir, se limitan a una breve comparación de los valores de los mismos, sin incidir en la determinación de las relaciones causa efecto que han llevado a una mejor o a una peor gestión de la zona.

En este trabajo se pretende realizar una aplicación real de los indicadores de gestión desarrollados por iniciativa del Banco Mundial a una serie Comunidades de Regantes andaluzas, las cuales abarcan gran parte de la variabilidad que se puede encontrar dentro del regadío andaluz.

Con la caracterización de las Comunidades de Regantes mediante indicadores de gestión y la aplicación de las técnicas de benchmarking a las mismas, se conseguirán los siguientes objetivos:

- Identificación de los tipos de regadíos más representativos de Andalucía.

1. INTRODUCCIÓN

- Estudio de la idoneidad, para nuestras condiciones, de los indicadores desarrollados a propuesta del Banco Mundial.
- Propuesta de una serie de nuevos indicadores que permitan caracterizar las peculiaridades, especialmente en la gestión financiera, de las Comunidades de Regantes y que las diferencian de otros tipos de organizaciones existentes en otras partes del mundo.
- Estudiar la validez de los indicadores de gestión en la determinación de las relaciones causa-efecto, las cuales van a poder determinar las diferencias entre las Comunidades con mejor gestión y las de peor.
- Comprobar la influencia de la calidad de las infraestructuras hidráulicas en la gestión de las zonas regables y su relación con la productividad de la zona e incluso con la gestión financiera de la Comunidad.
- Estudiar cómo los indicadores de gestión pueden ser considerados como una herramienta para la mejora de las zonas regables, como elementos para el diagnóstico y para la detección de los verdaderos problemas existentes en cada una de las Comunidades, de cara a la realización de posibles obras de modernización de las mismas.

Para lograr dichos objetivos, se proponen nuevas metodologías para el estudio de los indicadores basadas en varias técnicas de análisis de datos, como son las técnicas de análisis de fronteras de producción no paramétricas o Data Envelopment Analysis (DEA), de análisis de factores principales y de análisis de clusters.

1.3.2. Estructura

La presente tesis se ha dividido en cuatro partes. En los siguientes subapartados se incluye una breve descripción de cada uno de ellas.

1.3.2.1. Uso de los indicadores de gestión y de las técnicas de benchmarking en el regadío

En este capítulo se realiza una descripción de las técnicas de benchmarking, de su origen en el sector industrial y de sus aplicaciones al estudio de los regadíos. Se detallan las seis fases de las que consta el proceso de benchmarking aplicado al riego, indicando en qué consiste cada una de ellas, cómo se realizan y la importancia de los indicadores de gestión dentro del proceso.

Además de esta introducción a las técnicas de benchmarking, se realiza una detallada revisión bibliográfica de los indicadores de gestión aplicados al riego hasta la fecha actual, indicando los objetivos que se perseguían en cada uno de esos estudios.

Por último, se concluye este capítulo con una breve descripción de los distintos programas que se están realizando en la actualidad para la mejora de la gestión de las zonas regables mediante el uso de indicadores de gestión y la aplicación de las técnicas de benchmarking, indicando las características específicas de cada uno de ellos. Dichos programas son los siguientes:

- USBR Mid-Pacific Region
- Australian National Committee on Irrigation and Drainage (ANCID)
- Rappid Appraisal Process (RAP)
- International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID)

1.3.2.2. Identificación de los tipos de regadíos existentes en Andalucía mediante técnicas DEA

En apartados anteriores ya se ha citado la extraordinaria variedad existente en el regadío Andaluz. El principal objetivo de este capítulo es el de desarrollar y aplicar una

1. INTRODUCCIÓN

metodología que permita identificar y comparar los distintos tipos de regadíos existentes en Andalucía. Para ello, se realiza un estudio de análisis de la eficiencia en la conversión de varios recursos en productos o salidas con un determinado valor económico.

Distinguir entre si una zona de riego es eficiente o no en el uso del agua, es una tarea difícil, debido a que no se puede considerar el recurso agua como algo aislado. Por esta causa, en este capítulo se estudia la eficiencia de los regadíos en el empleo de los recursos mediante la aplicación de las técnicas DEA (Data Envelopment Analysis) (Charnes *et al.*, 1978), técnicas de estudio de envolvente de datos mediante fronteras de producción no paramétricas, las cuales, conociendo una serie de entradas al sistema o inputs y de salidas del sistema u outputs de cada zona regable, nos permiten conocer cual es la eficiencia relativa de cada zona regable, y saber cual sería su situación óptima, indicando numéricamente hacia donde deben dirigir los esfuerzos en actuaciones futuras.

El desarrollo de las técnicas de análisis de envolvente de datos (DEA) hace posible evaluar, de una manera global, en qué lugares la gestión del agua se realiza de una forma más eficiente al considerar el proceso de producción como un conjunto de entradas para obtener como beneficio un conjunto de salidas (Rodríguez *et al.*, 2002). Estudiar la eficiencia como una combinación de recursos va a permitir conocer donde la aplicación del agua va a suponer un mayor beneficio, siempre en combinación con otros recursos empleados en el proceso de producción.

1.3.2.3. Aplicación de los indicadores de gestión a las Comunidades de Regantes de Andalucía

En este capítulo se aplican los indicadores de gestión a varias Comunidades de Regantes de Andalucía. Tras identificar en el capítulo II los distintos tipos de regadíos existentes, se seleccionan una serie de Comunidades de Regantes correspondientes a los regadíos más representativos, aunque con predominio de las zonas regables de interior, correspondientes a la cuenca del río Guadalquivir.

Las Comunidades de Regantes seleccionadas son caracterizadas mediante los indicadores de gestión desarrollados por el IPTRID (Malano y Burton, 2001) y mediante un conjunto de indicadores financieros desarrollados para el presente trabajo. Para la caracterización de la zona ha sido necesario realizar metodologías para la toma de datos, para la organización, para el archivo y para la catalogación de los indicadores, así como un modelo de informe en donde se muestran las características más significativas de cada una de las Comunidades estudiadas.

El siguiente paso del proceso de benchmarking es el de comparar los indicadores, anteriormente calculados, de cada una de las Comunidades de Regantes con los del resto y con los de ella misma, analizando su serie histórica. Este análisis permite determinar las relaciones causa-efecto que han llevado a una zona a una mejor o a una peor eficiencia en el uso de los recursos. Determinar las relaciones causa-efecto facilitará la elección de las posibles acciones a realizar encaminadas a la mejora de la eficiencia de la zona regable.

1.3.2.4. Análisis y clasificación de las Comunidades de Regantes mediante los indicadores de gestión

Este capítulo supone un paso más en el análisis de las zonas regables mediante indicadores de gestión. Hasta ahora, el análisis mediante indicadores se ha limitado a comparaciones de los valores de los indicadores, mediante las cuales se podía establecer la situación relativa de cada una de las Comunidades de Regantes mediante la comparación directa (valor mayor o menor) de sus indicadores con los de las Comunidades de su entorno.

Ahora se aplican métodos de análisis multivariante de datos, como son el análisis de componentes principales y el análisis de clusters. La combinación de ambas técnicas permitirá:

1. INTRODUCCIÓN

- Determinar los indicadores con más influencia en la caracterización de una Comunidad de Regantes y los que explican la mayor parte de la variabilidad de unas zonas con otras.
- Realizar grupos homogéneos con las Comunidades de Regantes, estableciendo la Comunidad “tipo” de cada uno de ellos, describiendo los problemas que encontraría su gestión y las posibles líneas de actuación encaminadas a la mejora.

La agrupación de las Comunidades según sus factores más representativos facilitará la creación de un sistema que permita estimar la calidad de la gestión de todas las zonas regables (índice de calidad en la gestión) y la realización de un sistema que permita clasificar automáticamente nuevas zonas regables, indicando los problemas actuales y algunas de las posibles actuaciones.

1.4. BIBLIOGRAFÍA

- BOE. 2001. *Ley 10/2001 de 5 de Julio del Plan Hidrológico Nacional*. BOE de 6 de Julio.
- Cabrera, E.; Roldán, J.; Cabrera Jr., E. y R. Cobacho. 2003. *Directrices para una política sostenible del agua*. Ingeniería del agua. 10 (3): 245-257
- Charnes, A.; Cooper, W.W. y E. Rhodes. 1978. *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*. European Journal of Operational Research. 2: 429-444
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 1999. *Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía*. Sevilla.

- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 2001. *Decreto Andaluz de Regadíos*. BOJA número 125: 17.615-17.617
- Corominas, J. 1996. *El Regadío en el umbral del siglo XXI: Plan Nacional de Regadíos y Plan de Regadíos de Andalucía*. XIV Congreso Nacional de Riegos. Aguadulce (Almería).
- Del Campo, A. 2002. *El futuro de los regadíos españoles en el contexto de la directiva europea del agua*. Seminario internacional “El agua de riego a debate”. Córdoba.
- Lal, R. 1988. *Are intensive agricultural practices environmentally and ethically sound?*. J. Agr. Ethics. 1: 193-210
- Lal, R. y Pierce. 1991. *The Vanishing Resource. Soil Management for Sustainability*. Soil and Water Conservation Society.
- Losada, A. 1998. *Glosario sobre sistemas de riego*. Sin publicar.
- Malano, H. 2003. *Benchmarking of Irrigation and Drainage Projects*. International Commission on Irrigation and Drainage. New Delhi. India.
- Malano, H. y M. Burton. 2001. *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector*. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage.
- Massarutto, A. 2003. *El precio del agua: ¿herramienta básica para una política sostenible del agua?*. Ingeniería del agua. 10 (3): 293-326

1. INTRODUCCIÓN

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2001. *Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008*. Madrid.

Pinstrup-Andersen, P.; Padya-Lorch, R. y M. Rosegrant. 1997. *The World Food Situation: Recent Developments, Emerging Issues and Long Term Prospects. 2020*. Vision Food Policy Report. The International Food Policy Research Institute. Washington D.C.

Rodríguez, J.A.; Camacho, E. y R. López. 2002. *El Futuro del Regadío en Andalucía*. Informe anual del sector agrario en Andalucía 2001. Analistas económicos de Andalucía.

Roldán, J. y M. Alcaide. 2001. *El agua en la agricultura en Andalucía*. V Simposio sobre el agua en Andalucía. Almería.

Seckler, D.; Amarasinghe, U.; Molden, D.; Silva, R. y R. Barker. 1998. *World Water Demand and Supply 1990-2025: Scenarios and Issues*. Research Report 19. Colombo. Sri Lanka.

Serageldin, I. 1995. *Toward Sustainable Management of Water Resources. Directions in Development*. The World Bank.

UE. 2000. *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre*. Bruselas.



Capítulo 2

Uso de los indicadores de gestión y de las técnicas de benchmarking en el regadío

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

2.1. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING

2.1.1. Introducción

Actualmente las empresas afrontan retos cada vez mayores, la globalización hace que no tengan que enfrentarse únicamente a empresas locales, sino a una amplia competencia, proveniente de todo el mundo.

Dentro de la gran competitividad existente en el mundo empresarial, a las empresas se les va a exigir producir de una forma más rápida, productos de más calidad, a unos precios más reducidos e incluso más respetuosos con el medio ambiente. Debido a esto, últimamente las empresas han estado cada vez más atentas que nunca a sus competidores, aunque más que a sus niveles de ventas y el dominio que estas ejercen sobre los mercados, el objetivo ha sido estudiar en profundidad su funcionamiento con el objetivo de mejorar el rendimiento propio, adoptando las técnicas de las industrias líderes en cada sector.

En este marco se sitúa benchmarking, una palabra sin una clara traducción al castellano, pero que básicamente se podría definir como una estrategia para localizar las mejores prácticas de la industria, se encuentren donde se encuentren, y tratar de adaptarlas a la empresa interesada. Por tanto, básicamente benchmarking es una metodología para la localización y adopción para nuestra empresa de las mejores prácticas del mercado, lo que nos va a permitir tanto reducir las distancias existentes con nuestra competencia directa, como llegar a superarles.

2.1.2. Origen de las técnicas de benchmarking

Oficialmente la primera experiencia de benchmarking se atribuye a la empresa Xerox Corporation en 1979. En esa época, la competencia en el mundo de las fotocopiadoras había llevado a la empresa a una situación insostenible, al comprobar que sus costes de producción eran superiores a los precios de venta de su filial japonesa Fuji. Debido a esto, Xerox inició entonces un proceso denominado *benchmarking competitivo*.

Inicialmente se analizaron todas las operaciones de producción para examinar los costes de producción unitarios, se estudiaron las características y las posibilidades del producto desarrollado por la competencia y se estudiaron uno a uno todos sus componentes interiores. Esta primera fase se conoce como la de comparaciones de la calidad y características del producto. En un principio, el estudio se limitó a la filial japonesa Fuji y posteriormente se amplió a parte de la competencia. Este primer nivel de estudiar a la competencia podría llevar a igualarlos, pero difícilmente a superarlos.

Después de estudiar los componentes y aspectos de diseño de los productos de la competencia y mejorar con esto los productos propios, los directivos de Xerox, viendo el extraordinario éxito conseguido, intentaron mejorar otros aspectos de la organización como la gestión de almacén y los procesos de distribución y logística. No obstante, observaron que ninguno de sus competidores directos era excepcional en ese campo. Después de estudiar el problema se llegó a la conclusión de que la gestión de stocks y la logística eran similares en muchas compañías. Consecuentemente se concluyó que en este caso la mejor opción era la de estudiar las empresas más eficientes en ese aspecto aunque perteneciesen a otro sector industrial. Para llegar a ser los mejores dentro del sector, se buscó una nueva forma de hacer benchmarking, esta nueva concepción significaba buscar las mejores prácticas allá donde existiesen, pudiendo ser de empresas de sectores muy diferentes y no competencia directa como hasta ahora. Mediante esta nueva concepción del benchmarking se podría llegar a superar a la

competencia y llegar a ser los mejores y los más competitivos dentro de un determinado sector.

La aparición del benchmarking significó que las grandes empresas dejasen de mirar únicamente hacia su interior y de rechazar las ideas que venían de fuera. Consiguió que se comenzase a ver la importancia de examinar los productos y operaciones de la competencia, además de ser cada vez aplicado a más departamentos dentro de la empresa. Lo que en un origen fue un mero análisis del producto y componentes de la competencia, dio paso a un estudio mucho más amplio que incluía logística, servicio postventa, etc.

Este tipo de gestión llevó a Xerox a ganar el premio Malcolm Baldrige National Quality Award en 1989, en esa época Xerox ya sometía a procesos de benchmarking un total 230 áreas de la empresa.

2.1.3. Definición de benchmarking

Benchmarking es una metodología relativamente nueva, pese a esto, hay un elevado número de autores que han escrito sobre el tema, y prácticamente se podría afirmar que cada uno de ellos ha ofrecido una definición distinta.

Antes de realizar una definición más precisa de lo que significa benchmarking, conviene realizar una distinción entre las palabras benchmarking y benchmark. Literalmente la palabra benchmark indica un punto de referencia geográfico, aunque en los términos en los que nos encontramos, es el punto de referencia con el que se van a comparar el resto de los procesos similares. En cambio benchmarking es un proceso que al seguirlo nos va a permitir llegar a ser los mejores.

Tras esta primera distinción, se puede dar una primera definición derivada de las primeras aplicaciones, correspondiente a David T. Kearns, director general de Xerox Corporation (Camp, 1993):

“Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes de la industria”

Esta primera definición indica los tres pilares más importantes sobre los que se sustenta benchmarking:

- Por un lado incide en que se trata de un proceso continuo, no es un proceso que se pueda realizar una sola vez de forma puntual para olvidarlo después.
- Benchmarking va a implicar medición, para poder compararnos tenemos que medir tanto nuestros procesos como los de la competencia.
- Y por último, el proceso debe dirigirse contra las empresas que son reconocidas como líderes de la industria.

Camp en 1993 realiza una nueva definición:

“Benchmarking es la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que conducen a un rendimiento excelente”

En esta definición se centra en la necesidad de localizar las mejores prácticas antes de llegar a las mediciones. Camp incide en que lo más importante es comprender los procesos y algo derivado de esto será la realización de las mediciones.

Para Karlöf y Östblom (1993), se podría definir benchmarking como:

“Un proceso sistemático y continuo para comparar nuestra propia eficiencia en términos de productividad, calidad y prácticas con aquellas organizaciones que representan la excelencia”

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

Se vuelve a incidir en que benchmarking es un proceso continuo y que va a implicar comparación. Además introduce los conceptos de productividad (relación entre los bienes empleados y el coste de producirlos) y calidad (relación entre el valor creado y el coste de producirlo).

Spendolini (1994) realiza la siguiente definición de benchmarking:

“Un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras en la propia organización”.

Indica que benchmarking debe ser un proceso continuo de la administración que requiere una actualización constante, implica la recopilación de las mejores prácticas, para aplicarlas a todos los niveles del negocio. La palabra sistemático indica que va a requerir de una metodología bien estructurada para la obtención de dicha información.

O'Dell (1994) hace incidencia en la importancia de reconocer que alguien es mejor en determinadas prácticas y en la necesidad de aprender de él adoptando las mejores prácticas y llegar a superarlo, mediante la siguiente definición:

“Benchmarking debe ser la práctica en la que uno debe ser suficientemente humilde como para reconocer que alguien es mejor en algo y ser a su vez suficientemente inteligente como para aprender a igualarlo e incluso superarlo”

El American Productivity and Quality Center (2000) realiza la siguiente definición de benchmarking:

“El proceso de identificar, aprender y adaptar las actividades y procesos más relevantes de cualquier organización, en cualquier parte del mundo, para ayudar a otra organización a mejorar su comportamiento”

En esta definición se incide en que las mejores prácticas deben buscarse allá donde se encuentren, en cualquier parte del mundo y en cualquier tipo de industria.

A modo de resumen, podría citarse la definición dada por Feria *et al.* (2002), en donde:

“Benchmarking es buscar el mejor en cualquier parte del mundo, y compararse con él o en una traducción casi literal llevar a cabo estudios de referencia, es una técnica de recolección de información acerca de prácticas competitivas. El objetivo primario de su aplicación es proveer a la administración de prácticas que deliberadamente den al cliente mayores valores”

De este conjunto de definiciones podría concluirse que benchmarking es un proceso de descubrimiento y una experiencia de aprendizaje, en donde es de suma importancia el proceso de medición y comparación.

Benchmarking es un proceso que se va a aplicar continuamente, siempre en busca de las mejores prácticas de la industria. Es un proceso de auto superación el cual debe ser continuo para ser efectivo, esto implica que no se puede llevar a cabo en una ocasión y olvidarse posteriormente de él bajo la creencia de que ya se ha acabado la tarea o que ya se han conseguido los objetivos perseguidos en un principio. El hecho de que deba ser un proceso continuo es debido a que las prácticas de la industria cambian de forma constante.

El concepto de búsqueda de las mejores prácticas es actualmente muy amplio, ya que estas prácticas deben buscarse en cualquier lugar del mundo y en cualquier sector de la industria.

2.1.4. Aplicaciones de las técnicas de benchmarking

Un proceso en el que su principal objetivo es el de descubrir las mejores prácticas y tratar de incorporarlas a nuestra empresa siempre tendrá infinidad de

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

aplicaciones en el mundo empresarial actual. Según Bogan y English (1994) las principales aplicaciones para un proceso de benchmarking son las siguientes:

- **Fijar o redefinir una estrategia en una empresa**, al encontrarnos sumergidos en un mercado en continuo cambio, cada vez más, las empresas deben reconsiderar sus estrategias y adaptarse a los nuevos tiempos.
- **Reestructuración de procesos y sistemas**, en una empresa actual en la que se deben cambiar los procesos y los sistemas continuamente, el estudiar nuevos puntos de vista o como esos mismos procesos se desarrollan en otras empresas puede ser un factor clave para el éxito.
- **Mejoras continuas en los procesos de trabajo**, adaptar los procesos, turnos de trabajo, etc. a los que se han tomado en otras industrias.
- **Planes estratégicos y fijación de objetivos**, conocer las prácticas de la competencia siempre será de utilidad para una correcta toma de decisiones, en la creación de objetivos y en el desarrollo de planes estratégicos.
- **Búsqueda de soluciones**, cuando se plantea un determinado problema en nuestra empresa, en lugar de buscar únicamente soluciones en el interior de la misma, adaptar soluciones que ya hayan sido adoptadas por otras empresas al intentar abordar el mismo problema.
- **Enriquecimiento de ideas**, un proceso en el que el principal objetivo es el aprender de los demás y ampliar horizontes siempre será una experiencia enriquecedora para los participantes. Se pueden obtener nuevas ideas para solucionar antiguos problemas.
- **Comparaciones y evaluaciones de mercado**, si una empresa es la más competitiva y, por tanto, un benchmark para las demás, quizás le resulte de interés el dar a conocer su situación mediante una comparación con el resto.

- **Catalizador del cambio**, el hecho de que sea un proceso de descubrimiento hace que facilite el cambio al implicarse mucho más los empleados.

2.1.5. Categorías de benchmarking

Según las organizaciones que van a intervenir en el proceso de benchmarking, podría hacerse la distinción entre cuatro tipos o categorías (Berdell *et al.*, 1994):

- **Benchmarking interno**, se realiza en grandes empresas, con múltiples divisiones o incluso divisiones internacionales. En ellas hay funciones similares en diferentes unidades de operación. Benchmarking interno presenta la ventaja de la disponibilidad de datos, debido a que normalmente no van a existir problemas de confidencialidad y se va a poder disponer de una serie de datos tan amplia y completa como se desee. Esto puede ser tomado como un primer paso, en el que se pueden identificar los procesos críticos, algo que será de gran utilidad en el diseño de un estudio externo.
- **Benchmarking competitivo**, consiste en compartir el estudio con los rivales directos. Es una comparación bastante obvia debido a que en principio los rivales directos son los que deberían cumplir con todas las condiciones de similitud. Un estudio de benchmarking con los competidores directos sería la mejor forma de conocer nuestras ventajas y desventajas con respecto a la competencia. El problema de este tipo de benchmarking reside en disponer de datos amplios y de suficiente calidad de las operaciones de la competencia.
- **Benchmarking funcional**, consiste en no centrarse en los competidores directos de productos y en identificar competidores funcionales o líderes de la industria para utilizarlos en el proceso de benchmarking incluso si se encuentran en industrias distintas.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

El hecho de que los compañeros empleados para aplicar el proceso no sean competidores distintos hace que exista una mayor predisposición a compartir los datos y se van a encontrar menos problemas de confidencialidad.

- **Benchmarking genérico**, es el tipo más puro de benchmarking debido a que consiste en encontrar las mejores prácticas de la industria allá donde se encuentren. Esto permite descubrir prácticas y métodos que actualmente no están implantados en la industria de la organización estudiada. Es el tipo de benchmarking que va a requerir una mayor comprensión de todos los procesos y posiblemente el más difícil de adaptar, no obstante es el que tiene una mayor aceptación a largo plazo. Además, este tipo de benchmarking puede permitirnos no solo igualar a la competencia (como sucedía en los casos anteriores) sino llegar a superarlos.

Básicamente cada uno de estos tipos varía en cuales van a ser los compañeros de benchmarking. La elección de los socios con los que se va a realizar el proceso de benchmarking va a ser uno de los factores más importantes del proceso. Realizarlo contra la competencia va a presentar más dificultades debido a la lógica de confidencialidad de los datos, además esto sólo permitiría igualar a la competencia pero nunca a superarlos. En cambio, una empresa que es líder en la industria pero que no es nuestro competidor podría facilitar el proceso.

Es importante resaltar que las técnicas de benchmarking pueden no ser sólo útiles para las empresas que quieren acercarse a la gestión de las empresas líderes. Las empresas líderes o que actualmente están consideradas como benchmark pueden obtener una amplia y precisa visión de cual es su situación relativa actual con respecto a la competencia y tomar las decisiones más adecuadas que permitan mantener el liderazgo.

En ocasiones no es conveniente intentar ser siempre el punto de referencia en el país o incluso a escala mundial. Antes de decidir la situación objetivo hay que ser realista, plantear objetivos inalcanzables puede llevar a grandes frustraciones.

La experiencia de las empresas que ya han introducido las técnicas de benchmarking en sus procesos de funcionamiento nos indica que hay que intentar ser el punto de referencia o benchmark especialmente en las funciones de mayor importancia estratégica. En los procesos secundarios suele ser suficiente buscar puntos de referencia internos, regionales o de la misma industria, sin necesidad de recurrir a las empresas líderes mundiales en ese campo.

2.1.6. Código de conducta

Un proceso de benchmarking requiere que varias empresas compartan grandes cantidades de información. Esa información suele ser confidencial y es cedida únicamente para realizar este proceso de aprendizaje y utilidades de ella que no estén directamente relacionadas pueden causar grandes daños a la empresa que la ha cedido. Para contribuir a que el proceso de benchmarking sea suficientemente ético y eficiente es necesario establecer un código de conducta. Bogan y English (1994) establecen siete principios que van a constituir un código de conducta para las empresas que van a tomar parte en el proceso:

- **Principio de legalidad**, evitar discusiones o acciones que impliquen un cierto interés en obtener ventajas directas a partir de dicha información.
- **Principio de intercambio**, ofrecer el mismo nivel de información que se demanda en el intercambio.
- **Principio de confidencialidad**, la información suministrada debe ser confidencial entre las personas y empresas participantes.
- **Principio de uso**, la información obtenida debería ser empleada únicamente en los objetivos especificados a la hora de plantear el estudio de benchmarking. No es ético extrapolar los resultados obtenidos a una

nueva empresa sin la aprobación de la empresa suministradora de la información.

- **Principio del primer contacto**, establecer claramente los objetivos y el compromiso de cooperación con las empresas compañeras de viaje al comenzar el proceso de benchmarking.
- **Principio de anonimato**, no suministrar el nombre de la empresa compañera en el proceso de benchmarking a terceras empresas u organizaciones.
- **Principio de preparación**, mostrarse preparado para realizar el proceso de benchmarking en todos los pasos, especialmente en los estados iniciales.

2.1.7. Metodología

El elemento esencial de un plan de benchmarking es seguir un plan de trabajo riguroso eligiendo los mejores compañeros de viaje. Requiere un profundo conocimiento del proceso estudiado.

Este proceso dinámico implica el descubrir y recolectar el conocimiento interno y las mejores prácticas, compartir y comprender las prácticas que pueden ser usadas y adaptar y comprender esas nuevas prácticas en las situaciones reales con el objetivo de mejorar los rendimientos.

Según el American Productivity and Quality Center (2000) la metodología para aplicar un proceso de benchmarking podría ser resumida en los siguientes cuatro pasos (Figura 2.1):

- **Planificación**, establecer y documentar el área de estudio, las medidas clave y sus definiciones exactas. Se seleccionan las organizaciones a estudiar en las que se encuentran las mejores prácticas, las cuales serán las compañeras en el proceso.

- **Toma de datos**, esta fase tiene dos objetivos distintos:
 - Toma de datos. Análisis cuantitativo y cualitativo.
 - Aprender del mejor.

- **Análisis**, consiste en el análisis de las actividades clave estudiadas e identificación de las prácticas que van a permitir un rendimiento superior.

- **Adaptación**, adaptar los resultados obtenidos del análisis de las mejores prácticas y tratar de adaptarlos a nuestra organización. Creación de planes de acción para poner en práctica los hallazgos dentro de nuestra organización.

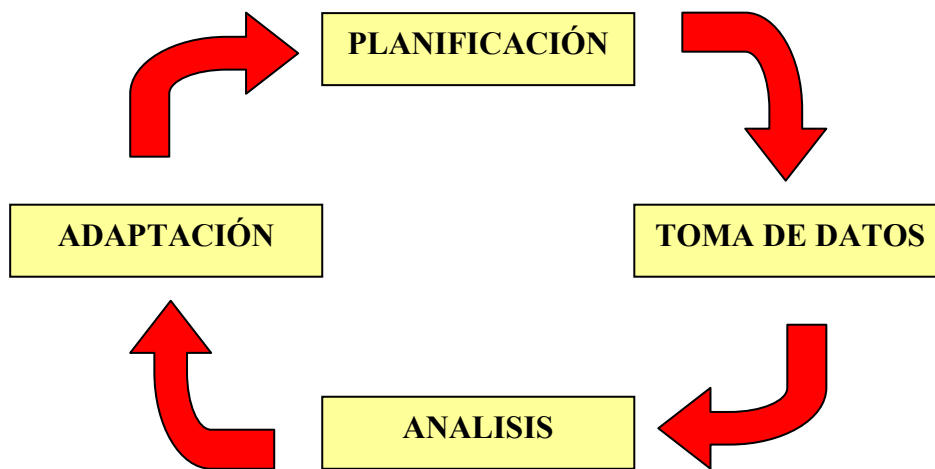


Figura 2.1. Fases de un proceso de Benchmarking (Adaptado de American Productivity and Quality Center, 2000)

Como otro punto de vista, se pueden citar los pasos que O'Reagain y Keegan (2000) consideran para la implantación de un sistema de benchmarking:

- Identificar las áreas o aspectos a mejorar.
- Determinar las mejores prácticas existentes en el área estudiada.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Desarrollo de un conjunto de indicadores de gestión que permitan caracterizar el proceso. Estos indicadores son un valor de referencia.
- Se estudia minuciosamente el proceso que ha permitido a las otras organizaciones poseer las mejores prácticas.
- Comparación de nuestras prácticas con respecto a las mejores.

En estos pasos se introduce el concepto de *indicador de gestión*, que no es más que un valor para ser usado como punto de referencia e indicar en qué aspectos nuestra organización debería mejorar.

2.1.8. Benchmarking en el sector público

Benchmarking en el sector público comprende básicamente las mismas etapas que en el privado, sin embargo, los objetivos que se persiguen son distintos, predominando conceptos como incrementar la participación y bienestar de los usuarios, calidad del servicio o la generación de riqueza en determinadas zonas. Por estas razones, los indicadores a estudiar deben elegirse cuidadosamente para que reflejen correctamente los procesos a estudiar. Una forma de conseguir una correcta elección de indicadores es involucrar directamente a los usuarios en su selección.

Según O'Reagain y Keegan (2000) benchmarking en el sector público puede ser implementado según dos procesos distintos:

- **Arriba-abajo (top-down)**, en donde la decisión de implantar la metodología de benchmarking surge de una autoridad central, frecuentemente con la intención de preparar a la organización pública para la entrada de una posible competencia.
- **Abajo-arriba (bottom-up)**, las organizaciones públicas toman la iniciativa por si mismas.

Mediante la implantación de un proceso de benchmarking en el sector público es posible conseguir beneficios como son la reducción de gasto, mayor nivel de satisfacción de los ciudadanos, acelerar los procesos o mejorar la productividad.

Pese a que las técnicas de benchmarking podrían ofrecer tantos o más efectos beneficiosos en el sector público como en el privado, hasta la fecha no ha gozado de la misma consideración y ha sido poco aplicado por los organismos públicos. Existen una serie de razones que explican la escasa aceptación de las técnicas de benchmarking en este tipo de organismos:

- **Restricciones financieras**, la realización de un proceso de benchmarking suele ser bastante costosa y los organismos públicos tienden a invertir en necesidades más inmediatas y visibles.
- **Escepticismo del sector público**, en el sector público intervienen una gran cantidad de factores, dos comunidades distintas pueden tener complicaciones y preferencias muy diferentes, importar las ideas requiere de una adaptación mucho mayor. La adaptación de ideas puede ser un tema complicado.
- **Falta de motivación en investigación y desarrollo**, en los organismos públicos en ocasiones se presta demasiado poco interés a los temas de investigación y desarrollo, en parte debido a la escasez de fondos.
- **Falta de objetivos claramente definidos**, en una empresa privada están mucho más claros los objetivos y la situación a alcanzar, en un organismo público intervienen muchas más variables y factores. El no estar tan claramente definidos los objetivos hace que no sea una tarea fácil el decidir qué aspectos necesitan ser mejorados.
- **Barreras culturales**, el sector público es tradicionalmente reacio a introducir prácticas desarrolladas en el sector privado.

- **Miedo al error**, en el sector público existe un cierto temor a realizar un despilfarro injustificado de fondos y a las posibles reacciones de los medios. No resulta demasiado atractivo el embarcarse en un proceso largo y costoso que podría desembocar en un considerable daño a la imagen pública.
- **Ausencia de una presión que obligue a mejorar**, en el sector público no existe la misma presión que en el privado por conseguir mejorar día a día.
- **Falta de demanda de calidad**, al sector público aún no se le exige tanto como al privado en términos de calidad, esto hace que no exista la necesidad de mejorar en ese sentido.
- **Falta de modelos a seguir**, no están claramente definidos los patrones a seguir y cuales deben ser los objetivos en el sector público. Por ejemplo, es difícil establecer quienes deberían ser los benchmarks en temas como las políticas de educación y de medio ambiente.

2.2. INDICADORES DE GESTIÓN Y BENCHMARKING APLICADOS A LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO

El estudio e intento de mejora de los regadíos mediante técnicas de benchmarking podría ser definido como: “un proceso sistemático para conseguir mejoras continuas en el sector del riego a través de comparaciones con objetivos internos y externos, normas y estándares” (González *et al.*, 2002).

El principal objetivo de la aplicación de las técnicas de benchmarking al estudio de las zonas regables va a ser la de mejorar la gestión de una zona regable por medio de comparaciones de su situación actual con la de otras áreas de riego. Dicha comparación nos permitirá tanto corregir las deficiencias existentes como el aprender de los puntos fuertes que posean cada una de las zonas regables.

2.2.1. Indicadores de Gestión

2.2.1.1. Concepto de indicador de gestión

En el control de una zona regable se va a generar una gran cantidad de información, la cual puede encontrarse dispersa en muchas ocasiones y, aunque cada vez se tienda 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.

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), dando algunos ejemplos de aplicación en alguna determinada zona. Sin embargo, encontrar ejemplos de aplicación de dichos indicadores en los que se pueda comparar la eficiencia de diversas zonas regables es bastante más complicado, aunque cada vez mas benchmarking esté convirtiéndose en una herramienta indispensable para la gestión de las zonas regables, siendo destacables los trabajos realizados en México y en Australia, en donde desde hace varios años se vienen aplicando los indicadores de gestión en el control de los regadíos.

2.2.1.2. Tipos de indicadores de gestión

Dentro de estos indicadores de gestión desarrollados por los diversos autores, encontramos dos grupos bien diferenciados:

- **Indicadores de gestión internos**, estudian el rendimiento en relación a variables como pueden ser el tiempo, caudales aplicados, área de riego o características de los cultivos. Estos indicadores no son adecuados para comparar zonas regables, residiendo su utilidad en la ayuda a la gestión diaria de las operaciones del riego. Los indicadores internos permiten establecer un valor objetivo para cada relación e intentar llegar a él mediante mejoras en las operaciones del riego. Por tanto, estos indicadores están diseñados para responder a la pregunta: “¿estoy haciendo las cosas bien?” (Murray-Rust y Snellen, 1993) e intentar corregir la situación actual mediante el establecimiento de objetivos.
- **Indicadores de gestión externos**, relacionan las entradas al sistema con las salidas obtenidas mediante ellos, sin entrar en los detalles que permiten su obtención. Estos indicadores no son los adecuados para marcar un objetivo concreto para cada uno de las relaciones, residiendo su principal utilidad en el estudio de posiciones relativas de una zona regable con respecto al resto. Mediante el estudio de las posiciones relativas, además del conocimiento de las tendencias temporales de una misma zona, podemos conocer donde un estudio más detallado puede ser necesario.

Dentro del trabajo en el que nos centramos, en donde se pretende aplicar las técnicas de benchmarking los indicadores que nos interesan son los externos, debido a que son los indicados para comparar zonas regables y estudiar tendencias temporales. De esta forma la comparación de ratios de zonas distintas o el estudio de altibajos en la

serie histórica de una misma zona, permitiría conocer en qué aspectos una zona regable funciona bien y podría ser un modelo con el que las demás podrían mejorar y en qué aspectos sería necesario mejorar, ofreciendo los modelos de las comunidades que obtienen unos valores más altos de los indicadores.

La principal utilidad de los indicadores externos consiste en que pueden ser una herramienta que permita asesorar a los políticos y gestores en la toma de decisiones a largo plazo. Además de esto, el uso de los indicadores de gestión externos puede ser de gran utilidad para los diversos investigadores a los que podría interesar la comparación de sistemas o zonas regables de muy diversas características.

2.2.1.3. Creación de un sistema de indicadores

Para la creación de un conjunto de indicadores de gestión que nos puedan definir un sistema y de los que podamos extraer información y conclusiones de cierta utilidad el primer paso es el de definir claramente los objetivos que se persiguen y todas las limitaciones existentes.

El conjunto de indicadores a utilizar debería contener la mayor cantidad de información posible, pero sintetizada en un pequeño número de indicadores de tal forma que el coste de la obtención de dicha información y el esfuerzo empleado sean mínimos. Para Rao (1993) esta información debe ser capaz de mostrar claramente las diferencias en rendimiento que se producen en diferentes campañas, debe recoger aspectos como el agua empleada, la producción agrícola, los retornos de los agricultores y la contribución a la economía global de la zona.

La creación de un sistema de indicadores de gestión que nos describa todos los aspectos que se pretenden analizar en un estudio de benchmarking aplicado a la gestión de las zonas regables no es una tarea fácil. Según Garcés (1983), las características deseadas en los indicadores de gestión de riegos son las siguientes: que sean cuantificables, que los datos que se requieren para su cálculo se puedan obtener directamente de las medidas realizadas normalmente en el propio manejo del riego, que

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

sean lo suficientemente significativos para poder actuar como indicativos de la gestión del sistema, tanto en una temporada seca como en una húmeda y que sean aplicables a todos los tipos de sistemas técnicos.

Otro aspecto importante es que el sistema de indicadores es que puedan ser usados en zonas regables de características distintas. Para conseguir que un sistema de indicadores sea general, este debe ser independiente de la zona regable estudiada y no centrarse en particularidades específicas de cada regadío, de tal forma que permita realizar comparaciones entre zonas regables de diversa índole.

Para poder realizar comparaciones entre comunidades de diversas características, sería conveniente que se pudiese contar con un sistema de indicadores universal que permitiese estudiar todas las zonas regables independientemente de sus características locales. Además de su generalidad, este sistema debería ser lo suficientemente flexible para conseguir que sea posible recoger todas las características específicas de todos los tipos de regadíos. Esto permitiría obtener la mayor cantidad posible de conclusiones debido a que un uso generalizado de un mismo sistema de indicadores permitiría aumentar la muestra comparando zonas muy distanciadas geográficamente y con condiciones muy distintas, lo que permitiría llevar a la práctica la principal premisa del benchmarking que incide en identificar las mejores prácticas allá donde se encuentren.

2.2.1.4. Metodología para el cálculo de los indicadores

Tan importante como la creación de un sistema de indicadores de gestión adecuado, es el de la creación de una metodología de obtención de los datos necesarios para su cálculo.

La toma de datos es uno de los pasos más importantes y, para que las comparaciones puedan resultar suficientemente útiles, los datos deben tomarse con sumo cuidado y estableciéndose perfectamente la metodología para su obtención. Además de esto, es importante que para la obtención de indicadores en campo se cuente con personal cualificado y entrenado en la toma de datos.

En la adquisición de datos en los regadíos no se va a poder obtener un nivel de precisión excesivamente grande. Según Burt *et al.* (1997), en los aspectos relativos al riego se está interesado en una precisión de entre el 5 y el 10 %, debido a que una precisión mayor, como podría ser el rango 0.5-1 % sería prácticamente imposible de obtener, como ejemplos se pueden citar la determinación de la evapotranspiración de los cultivos o la determinación de la precipitación efectiva en donde obtener esa precisión sería prácticamente imposible. No obstante, para diagnosticar los problemas que puedan existir en una zona regable, no es necesario obtener una precisión mayor, debido a que aunque considerando los niveles anteriormente citados es posible detectar los problemas que puedan afectar al regadío. Pese a esto, el mencionado nivel de incertidumbre puede ocasionar que no estén demasiado claras las comparaciones entre los indicadores de dos zonas regables distintas, una diferencia inferior al 20 % entre los indicadores tomados en dos zonas distintas podría indicar que existe una diferencia entre ambas, pero al mismo tiempo podría significar que no van a existir diferencias significativas, pero que los indicadores se han tomado con niveles de precisión distintos (Molden *et al.*, 1998). Por tanto, ese nivel de incertidumbre debe ser tenido en cuenta y en ocasiones es necesario realizar un estudio de sensibilidad orientado a considerar los posibles errores que casi de manera generalizada se pueden cometer dentro de la toma de datos en el mundo de la agricultura.

2.2.1.5. Comparaciones de zonas regables mediante indicadores de gestión

Una vez se establece que una zona regable presenta unos valores de sus indicadores bajos en relación con el resto, la mayor dificultad reside en determinar los factores que explican ese bajo rendimiento, así como los que hacen que las zonas utilizadas como benchmark (modelos a seguir) posean unos rendimientos superiores. Dentro del abanico de posibilidades de mejora que se podría obtener, habría que seleccionar cuales son los más adecuados para las condiciones en las que nos encontramos y planificar la forma de trasladarlos a la zona regable en estudio. Estos factores pueden ser de muy diversa índole, podría ser el caso de unos sistemas de distribución de agua poco adecuados, sistemas de riego tradicionales, mala

comercialización de los productos o incluso malas gestiones de las comunidades de regantes, por citar algunas posibilidades. Es aquí donde se hace más necesaria la presencia de técnicos suficientemente cualificados, con conocimientos que permitan determinar las relaciones causa-efecto.

Como resumen, se puede destacar que el proceso de benchmarking aplicado al estudio de las zonas regables se basa en los indicadores de gestión externos, permitiendo conocer cuál es el estado de la zona regable propia en comparación con otras cualesquiera e identificar las mejores prácticas. Esto hace posible establecer objetivos a largo plazo según las comparaciones realizadas y planificar en consecuencia las acciones a desarrollar y que permitan una mejora en la gestión del agua.

2.2.2. Antecedentes del uso de los indicadores de gestión en los regadíos

Los indicadores o índices para el control de la gestión del agua de riego han sido ampliamente utilizados durante años. En una primera fase, la mayor parte de esos indicadores eran indicadores internos que pretendían estudiar la eficiencia en el riego, ofreciendo un valor objetivo al que se podría llegar mediante la mejora en el manejo del riego.

El uso de este tipo de indicadores continúa siendo de gran utilidad, aunque en la actualidad existe una tendencia a un aumento del uso de los indicadores denominados externos, mediante los que se relacionan las entradas al sistema o zona regable con las salidas obtenidas, ignorando las causas que llevan a unos valores aceptables o no de los indicadores. Los indicadores externos son de utilidad para conocer donde un estudio en mayor profundidad podría ser necesario.

Un gran número de investigadores han propuesto o desarrollado indicadores de gestión tanto internos como externos. A continuación se muestra la evolución histórica de la gestión del riego y de las zonas regables mediante los indicadores de gestión desarrollados hasta la fecha, ignorándose la distinción entre indicadores internos y externos y centrándose únicamente en la gestión mediante indicadores.

Los primeros usos de los indicadores en la gestión del riego se centran en el estudio de la eficiencia. Bos y Nugteren en 1974 presentan las definiciones más aceptadas de los conceptos relacionados con la eficiencia en el riego. Dividen la eficiencia total de proyecto en varias componentes de modo que las eficiencias asociadas con las distintas partes del sistema de abastecimiento de agua (transporte, distribución y aplicación en campo) pueden ser establecidas por separado. Así pues, definen las eficiencias de transporte, distribución, aplicación en campo, de unidad terciaria, de sistema de riego y total de proyecto. También presentan algunos descriptores del sistema e indicadores de proceso.

Levine (1982) presenta una exposición detallada del indicador RWS (Relative Water Supply). Esta variable muestra la relación entre el agua que entra al sistema (precipitación y riego) y el agua requerida (evapotranspiración y necesidades de lavado), indica la relación entre la cantidad de agua disponible o utilizada y la cantidad de agua empleada en la producción. La principal utilidad del RWS es la de servir de base para un estudio comparativo y de análisis para zonas regables de diferentes regiones o países, siendo una forma de clasificar las zonas regables según su disponibilidad y demanda de agua.

El primer estudio de gestión de riego mediante indicadores de gestión externos lo realiza Garcés en 1983. En este estudio desarrolla una metodología para evaluar la gestión de las zonas regables y la aplica en Filipinas. Hace extensivo el uso de índices adimensionales para evaluar cada uno de los subsistemas que interactúan (agua, humano, ambiental y económico) en el sistema de riego total. Los indicadores que emplea dentro de cada subsistema son:

- Subsistema de agua:

Productividad: área de utilización, producción basada en el agua de lluvia, producción potencial, producción máxima y salida de agua de riego.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

Uniformidad: distribución de la producción, distribución del caudal y distribución de los caudales de producción.

Eficiencia: índice de preparación de tierra y aporte relativo de agua.

- Subsistema humano:

Capacidad de respuesta, satisfacción del regante.

- Subsistema ambiental:

Encharcamiento, toxicidad del suelo, calidad del agua de riego.

- Subsistema económico:

Relación de costes de operación y mantenimiento frente a tasas pagadas por los agricultores, nivel umbral (fracción de las tasas pagadas por los agricultores que hace que se cubran los gastos de operación y mantenimiento), eficiencia en el cobro.

Merriam *et al.* (1983) describe los métodos para evaluar sistemas y prácticas de riego. Se citan procedimientos para medir y determinar la eficiencia potencial del sistema y la eficiencia actual. Para que todas las comparaciones tengan una base común, establece que los tres parámetros de gestión (eficiencia potencial de aplicación, eficiencia real de aplicación y uniformidad en la distribución) estén basados en la lámina media infiltrada de agua obtenida en el menor cuarto (el cuarto de área que reciba menos agua). También define una serie de parámetros de gestión.

Seckler *et al.* (1984) aplican los indicadores de gestión a la zona de Warabandi en el noroeste de la India. Establecen nuevos conceptos como el de superficie regada y regable y relaciones entre la superficie actual regada y la superficie objetivo. Crean el indicador MBR (Management by Results) que es la relación entre las salidas según la situación objetivo y las salidas actuales.

Lenton (1984) profundiza en la relación entre el agua teórica a aportar y la realmente aportada, mediante el uso del indicador WDP (Water Delivery Performance). Este indicador es la suma de las relaciones ponderadas, para todas las semanas en que se divide la campaña agrícola, del volumen de agua aportado a una determinada explotación en una semana y el volumen de agua teórico a aportar durante esa misma semana. El valor de WDP oscilaría entre 0 y 1, los valores próximos a 1 indicarían un mejor reparto del agua durante la campaña de riegos.

Bos (1985) realiza una recopilación de las definiciones técnicas de eficiencia propuestas por la ICID: eficiencia de distribución, eficiencia de aplicación en campo, eficiencia de unidad terciaria y eficiencia de proyecto. También estudia la eficiencia de los cultivos en la utilización del agua, mediante relaciones entre la producción de los cultivos y la evapotranspiración.

Mao Zhi (1989) desarrolla un conjunto de 12 indicadores tecno-económicos, los cuales aplica a la zona regable de Zhange en la provincia de Buhei en el sur de China. Mediante estos indicadores, trata de cuantificar los efectos de la reforma de la zona regable en 1980 mediante una toma de indicadores correspondientes a antes y a después de la rehabilitación. Los indicadores que considera son:

- **Índices de utilización del agua de riego**, eficiencia de utilización del agua de riego, cuota anual bruta de agua de riego y eficiencia de aplicación del agua de riego.
- **Índices de área regada y aspectos técnicos del sistema**, eficiencia de área real regada, porcentaje de área provista de sistemas de riego y drenaje y calidad del servicio.
- **Índices de beneficio económico**: rendimiento por unidad de área, rendimiento por unidad de agua de riego, ingresos por recargos por unidad de área, beneficios por unidad de área, beneficios por unidad de agua de riego y relación de recuperación de costes.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

El Banco Mundial siempre ha mostrado su interés en todos los temas relacionados al control de las zonas regables mediante indicadores de gestión, al ser una herramienta que les permitiría conocer la evolución de las zonas regables en las que realiza inversiones de modernización. Plusquellec entre los años 1989 y 1990 realiza para el Banco Mundial una serie de estudios correspondientes a dos zonas regables en Colombia y a la zona regable de Gezira en Sudán. En 1990 realiza un estudio mediante indicadores de gestión de zonas regables con predominio de riego por gravedad correspondientes a 6 países con diferentes medios climáticos y sociales teniendo en cuenta sus objetivos en disponibilidad de agua, intensidad de cultivo y rendimiento de cultivo. Analizan eficiencias de agua, eficacia de mantenimiento y recuperación de costes. Los indicadores de gestión que propone Plusquellec incluyen, entre otros, la eficiencia en la distribución del agua, impactos medioambientales, requerimientos de personal para operación y mantenimiento y la recuperación de los costes del agua.

Wolter y Bos (1990) centran su trabajo en estudiar la eficiencia en el riego. Consideran que un aumento de la eficiencia en la utilización del agua de riego puede ser una herramienta clave en el aumento de las producciones a escala mundial. Para ello, la eficiencia obtenida debería compararse con la que se obtendría, en teoría, teniendo en cuenta las posibilidades de la zona (clima, suelo, calidad del agua de riego, tipo de abastecimiento,...).

Molden y Gates (1990) describen una serie de medidas de gestión para su uso en evaluación y diseño de sistemas de abastecimiento de agua nuevos o rehabilitados; estas medidas se introducen como funciones de variables definidas y se usan para indicar el estado de la gestión del sistema relativa a los objetivos de adecuación, eficiencia, dependencia y uniformidad del abastecimiento del agua.

Palmer (1990) describe una zona regable de 22267 ha en Estados Unidos con sistemas de distribución mediante canales que es capaz de satisfacer las necesidades de los regantes. Realiza un estudio de cómo las decisiones y acciones tomadas podrán corresponderse con la demanda de los regantes. Presenta indicadores de proceso para

medir la gestión de los trabajos internos de la agencia en el abastecimiento de agua y también otros datos de adecuación para ilustrar la gestión del sistema de riego bajo estudio. También proporciona datos detallados del estudio tratados y analizados.

Weller (1991) presenta un trabajo con el objetivo de hacer un seguimiento de la respuesta del canal principal ante los cambios en la disponibilidad del agua y el de estudiar su capacidad para aportar las necesidades de agua de la zona regable. Presenta un análisis de la respuesta del sistema principal a la variación en las demandas de riego y evalúa el uso conjunto de aguas subterráneas y superficiales y el potencial de los modelos informáticos para ayudar al manejo y preparación de los calendarios de riego anuales. Los indicadores utilizados son los siguientes: eficiencia de proyecto, de transporte, de distribución y de aplicación en campo, abastecimiento relativo de agua, coeficiente de Christiansen y rendimiento específico.

Goldsmith y Makin (1991) realizan un estudio en campo en la zona regable de Warabandi (India). Muestran diversos aspectos de cómo debe ser un estudio de de caracterización en un breve período y ofrecen recomendaciones sobre donde y cómo deben ser tomados los datos. El trabajo de campo duró 24 días y se midieron caudales, pérdidas y niveles de agua, con la finalidad de dar estimaciones de uniformidad de abastecimiento, adecuación del abastecimiento y pérdidas en el transporte del agua, tanto a escala de distribución como de aplicación en campo. Cuantifica la gestión de los distribuidores en términos objetivos de control de agua y de eficiencias de transporte.

Makin *et al.* (1991) muestran los resultados de un proyecto llevado a cabo en Tailandia. Se introdujo un calendario de riego asistido por ordenador, permitiendo así una evaluación continua de la gestión del riego. Incorpora indicadores de gestión simples: abastecimiento real frente a deseado y medidas de la uniformidad y adecuación.

Rao (1993) realiza una revisión de los indicadores existentes hasta la fecha y basándose en ellos propone una serie de indicadores que tratan la mayor parte de los

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

aspectos que intervienen en la gestión de una zona regable. Dicho conjunto de indicadores es el siguiente:

- **Rendimiento del sistema de distribución de agua:** eficiencia en la distribución de agua, suministro relativo de agua, capacidad de distribución de agua y fluctuaciones en el nivel de la capa freática.
- **Rendimiento de la zona regable:** Productividad por unidad de superficie (media y desviación estándar de las diferentes explotaciones que forman la zona regable), productividad por unidad de agua y porcentaje de tiempo de la campaña agrícola en la cual hay cultivos en el terreno.
- **Rendimiento económico:** rentabilidad de los agricultores (retornos netos por unidad de superficie) y rentabilidad en el funcionamiento del sistema (beneficios en la gestión de las operaciones de la zona regable).

Molden *et al.* (1998) trabajando para el IWMI definen un nuevo grupo de indicadores que relacionan la productividad agrícola con los recursos de agua, tierra y financieros. Desarrollan un conjunto de 9 indicadores los cuales aplican a un total de 18 zonas regables correspondientes a 11 países: Burkina Faso, México, Marruecos, Nigeria, Pakistán, Sri Lanka, Turquía, Colombia, Egipto, India y Malasia. Mediante este conjunto de zonas regables se pretendía obtener datos correspondientes a diferentes condiciones agroclimáticas.

Los indicadores que consideran son:

- Producción por área cultivada
- Producción por área regada
- Producción por unidad de agua suministrada
- Producción por unidad de agua consumida
- Suministro relativo de agua (RWS)

- Suministro relativo de agua de riego (RIS)
- Capacidad de suministro de agua (WDC)
- Relación de recuperación de los gastos en inversión en la infraestructura de riego
- Autosuficiencia financiera

Inciden en la importancia de los indicadores de gestión externos en la evaluación de impactos y para asesorar a las autoridades competentes en la gestión de las zonas regables mediante el estudio de las variaciones espaciales y temporales del valor de dichos indicadores. Las variaciones temporales de los indicadores las estudian en la zona regable de Samaca (Colombia), en donde consideran una serie histórica de 11 años. La variación temporal la estudian para el caso del Alto Río Lerma (México), en donde consideran dos zonas regables de forma independiente: Coltázar y Salvatierra.

Asumen que va a existir una falta de certeza en la toma de indicadores en la agricultura. Se van a encontrar dos importantes fuentes de errores: en la fuente y en la precisión. Por esto, indican que es importante un estudio de sensibilidad a la falta de precisión, por ejemplo, una diferencia del 50 % entre los indicadores de dos zonas regables distintas indica que las diferencias son grandes, en cambio, una diferencia de un 20 % podría indicar que no hay diferencias significativas, pero que los datos no tienen suficiente precisión.

Realizan una importante reflexión sobre el papel que juega cada indicador en las comparaciones entre distintas zonas regables:

1. Los indicadores RWS, RIS y WDC sirven para situar el contexto de la zona regable. Si estos tres valores son bajos, la productividad es más útil por unidad de agua, en caso contrario, la productividad es más útil por unidad de suelo.
2. Una vez situada la zona regable en su contexto, los indicadores más importantes serían los de rendimiento (productividad por área cultivada,

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

productividad por área regada, productividad por unidad de agua suministrada y productividad por unidad de agua consumida).

3. Si el rendimiento por unidad de suelo o de agua es alto, el paso siguiente sería estudiar los costes de la gestión, manejo e infraestructura de la zona regable. Estos indicadores permitirían responder a las preguntas: “En ambientes similares, ¿podemos conseguir los mismos rendimientos a costes más bajos?” o “¿Qué costes en infraestructura se requieren para obtener un mayor rendimiento?”. Estos indicadores van a ser útiles para fijar objetivos estratégicos y medir el grado de acercamiento a dichos objetivos.

Los mismos indicadores usados por Molden *et al.* (1998), son aplicados por Kloezen y Garcés (1998) a la zona regable del Alto Río Lerma en el estado de Guanajuato (México), la cual comprende un total de 113000 ha.

Kloezen y Garcés, además de los indicadores mencionados, comienzan a estudiar indicadores ambientales. Estos indicadores consideran los efectos negativos ocasionados por la salinidad e inundaciones y las fluctuaciones de la capa freática. Como principal cualidad de los indicadores de gestión externos realzan su utilidad como herramienta de asesoramiento a los gestores y la posibilidad de identificar errores en las políticas de gestión. Las principales limitaciones que encuentran en los indicadores son las siguientes:

- Falta de un conjunto universal de indicadores de gestión del agua de riego, así como de una metodología para su obtención.
- Los indicadores de gestión en los procesos industriales suelen definirse para unos objetivos claramente definidos. En el caso de la agricultura, los objetivos que se perseguirían no están suficientemente claros.
- Los objetivos que se persiguen con los indicadores pueden variar de unos sectores a otros. Los objetivos que persiguen los gestores,

los políticos, los agricultores e incluso los investigadores, pueden ser muy distintos.

Bastiaansen y Bos (1999) realizan una revisión de los indicadores que sería posible tomar mediante sensores remotos situados en satélites. Esto permitiría determinar indicadores de difícil obtención en la actualidad como el índice de estrés de los cultivos, el índice de déficit hídrico o la evapotranspiración. Además de permitir determinar estos nuevos índices, esta metodología permitiría determinar indicadores tradicionales como la cantidad de agua suministrada por unidad de superficie, con una precisión muy superior. Los indicadores tomados mediante sensores remotos permitirían obtener unos grados de precisión muy superiores (entre el 80 y el 90%) de una manera menos costosa y con una metodología muy estandarizada. El tomar los indicadores de diversas zonas regables mediante los mismos sistemas permitiría realizar comparaciones con un mayor grado de seguridad.

Al uso de los sensores remotos en satélites recurren también Sakthivadivel *et al.* (1999), los cuales combinan la aplicación de dichos sensores con modelos de simulación hidrológica y sistemas de información geográfica para analizar el rendimiento y la sostenibilidad de la zona regable de Bhakra en la India, la cual es una zona regable con sistema de distribución mediante canales y organización del riego por turnos. No obstante, los agricultores recurren frecuentemente a la extracción de aguas subterráneas. El análisis mediante sensores remotos permite determinar las superficies ocupadas por los cultivos y sus productividades. Mediante modelos de simulación estudian la sostenibilidad del sistema desde un punto de vista ambiental.

Droogers *et al.* (1999) estudian mediante indicadores de gestión una cuenca en el oeste de Turquía. Realizan un modelo de simulación el cual aplican a tres escalas diferentes: a escala de parcela, de zona regable y de cuenca. De este modelo obtienen una serie de balances de agua que les permite calcular cuatro indicadores para cada una de las tres escalas citadas. Dichos indicadores son los siguientes:

- Productividad/ Transpiración

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Productividad/ Evapotranspiración
- Productividad/ Agua de riego aplicada
- Productividad/ Disminución del agua almacenada en el suelo

Con ellos estudian la evolución temporal de la productividad para diferentes condiciones climáticas y las variaciones espaciales.

Solomon y Davidoff (1999) se centran en el estudio de dos indicadores internos de análisis de la eficiencia en la aplicación del agua de riego:

- **Indicador de agua consumida** (relación entre el agua consumida en evapotranspiración y el agua total aplicada en el riego)
- **Indicador de eficiencia en el riego** (relación entre el agua de riego que se usa de forma beneficiosa y el agua total aplicada en el riego)

Comprueban que los valores de dichos indicadores son diferentes según la escala considerada (en parcela o para toda la zona regable) debido a que en el caso de considerar toda la zona regable, un porcentaje del agua que se pierde por percolación y por escorrentía es recuperable.

También en el estudio de las diferencias entre tomar valores a escala de parcela o de zona regable se centra Burt (1999). Incide en la importancia de fijar correctamente las fronteras al realizar un estudio de los factores que intervienen en los balances hídricos, fronteras que serán diferentes según la escala en la que se trabaje. El correcto cálculo de estos factores llevará a conseguir una mayor precisión en los indicadores.

Clemmens (1999) estudia la falta de precisión en la toma de datos en los regadíos. Considera que en una zona regable hay magnitudes como el agua superficial que si son de fácil medida, pero en cambio existen otras como la evapotranspiración y la percolación profunda cuya medición resulta extremadamente difícil. Para determinar la

precisión en la toma de datos adapta diversos métodos estadísticos, los cuales aplica a varios indicadores de gestión desarrollados por otros autores.

Suryavanshi (1999) propone una serie de indicadores para el asesoramiento en la modernización de regadíos. Además, propone los patrones a seguir para la consecución del rendimiento deseado a partir del rendimiento actual. Sugiere nueve indicadores los cuales se distribuyen en los siguientes grupos:

- Conservación de la red
- Eficiencia en la distribución
- Correspondencia entre los caudales suministrados y las necesidades de los cultivos
- Equidad en la distribución del agua
- Rendimiento de la superficie puesta en riego
- Indicadores ambientales

Smith (1999) incide en las relaciones existentes entre la cada vez más reducida disponibilidad de agua debido a la gran competencia existente por los recursos y el aumento de la demanda de alimentos debida al aumento de la población del mundo. Recopila una amplia variedad de conceptos de eficiencia en el uso del agua y de relaciones de productividad del agua. Presenta como una de las opciones de mejora de la eficiencia el de una correcta gestión del agua de riego y presenta ideas como la necesidad de crear servicios de asesoramiento al regante, describe avances en la producción con menor cantidad de agua e indica medidas para solucionar las diversas restricciones socioeconómicas.

Alegre *et al.* (2000) presentan un conjunto de indicadores para la gestión del agua en abastecimientos urbanos. El principal objetivo de este conjunto de indicadores es el de conseguir el mayor nivel de satisfacción por parte de los usuarios y calidad del servicio, dentro del marco de regulación actual, haciendo un mejor uso de los recursos disponibles. La iniciativa para la creación de este conjunto de indicadores parte de la International Water Association (IWA), mediante la organización de un grupo de

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

trabajo en 1997, con el objetivo de crear un sistema de indicadores de gestión para el control del agua en los abastecimientos urbanos. Desarrollaron un total de 133 indicadores de los que 26 son considerados de alta prioridad.

Los indicadores se agrupan en las siguientes categorías:

- Recursos de agua
- Personal
- Físicos
- Operacionales
- Calidad del servicio
- Financieros

Y según su importancia como herramientas de gestión, en los siguientes 4 grupos:

- **Nivel 1**, prestan una visión general de la eficiencia y efectividad en la gestión del agua.
- **Nivel 2**, indicadores adicionales, proveen de una visión más en profundidad que los del nivel 1.
- **Nivel 3**, indicadores que profundizan en un determinado aspecto específico.
- **Complementarios**, tratan un determinado aspecto entrando en más detalle que en el nivel 3.

Además de en la definición, tratan de caracterizar la precisión de cada indicador mediante el establecimiento de intervalos de confianza, según la precisión en la toma de datos y la confianza existente en la fuente de datos.

Ray *et al.* (2002) vuelven a recurrir a los sensores remotos en satélites para controlar la gestión de la zona regable de Gujarat (India) mediante indicadores de gestión. Los sensores remotos les permiten controlar directamente los parámetros:

- **Adecuación**, mediante la variación espacial del indicador RWS.
- **Equidad**, usando un índice normalizado de diferencia en la vegetación.
- **Eficiencia en el uso del agua**, mediante la relación entre la productividad de los cultivos y el agua aplicada.

2.2.3. Actividades relacionadas con el riego que podrían ser sometidas a un proceso de benchmarking

La agricultura es una actividad que presenta una gran cantidad de similitudes con el resto de procesos industriales, como en cualquier otro sistema, vamos a encontrar:

- Inputs o entradas
- Procesos
- Outputs o salidas
- Impactos

En cualquiera de las actividades localizadas en cada uno de estos grupos es posible la realización de un proceso de benchmarking.

Los dominios sobre los que se podría realizar un proceso de benchmarking en el conjunto de la agricultura se muestran en la Figura 2.2. En un estudio de benchmarking particularizado para el caso de la agricultura, los principales objetivos a tratar serían un estudio de la eficiencia en la conversión de los inputs o entradas en outputs o salidas, y los efectos que el uso de esos recursos y los productos generados puedan tener sobre el medio ambiente, además del estudio de la eficiencia de cada uno de los procesos intermedios que se pudieran generar.

Existen varios dominios en el ámbito del riego donde tiene especial interés el estudio de los indicadores de comportamiento, dichos dominios son:

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

Servicio de aplicación. A su vez se puede distinguir aquí dos áreas:

- La forma en la que la organización maneja u opera la aplicación de agua para satisfacer los requerimientos de los usuarios (operación del sistema) (Burt y Styles, 2000).
 - La eficiencia con la que la organización usa los recursos para proporcionar estos servicios (indicadores de comportamiento financieros).
 - Eficiencia en la producción. Medidas de la eficiencia con la cual la agricultura de regadío usa los recursos de agua en la producción de cultivos y fibra (Molden, 1997).
- Eficiencia ambiental. Medidas del impacto de la agricultura de regadío en el suelo y en el agua.

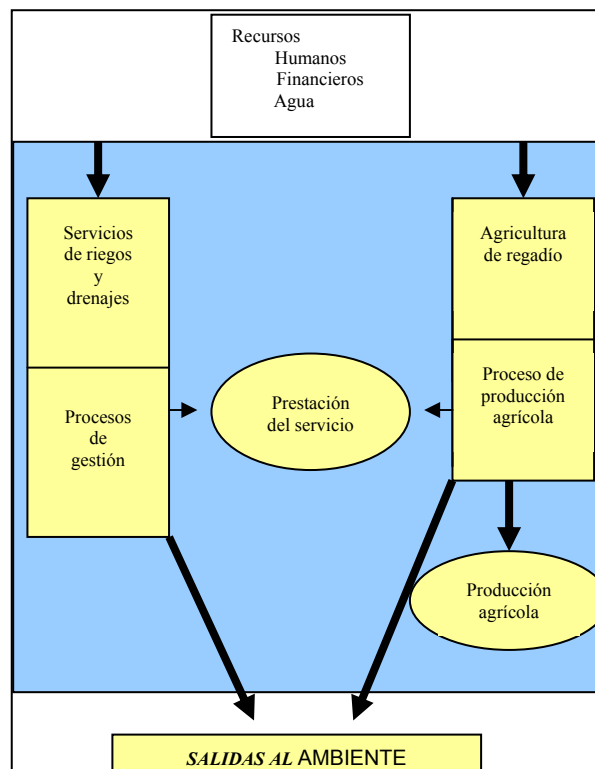


Figura 2.2. Dominios sobre los que se podría realizar un proceso de benchmarking en la agricultura (Adaptado de Malano et al., 2001)

Otro aspecto importante a considerar son los límites de los sistemas que están siendo sometidos al estudio de benchmarking. En general, para tomar los límites se considera un sistema hidráulicamente independiente.

2.2.4. Fases para la realización de un estudio de benchmarking en riego

En la Figura 2.3 se muestran las fases que deben formar parte de un estudio de benchmarking en regadío. Estas fases han sido tomadas de los estudios de benchmarking realizados por el Australian National Committee of the International Commission on Irrigation and Drainage (Malano y Burton, 2001).

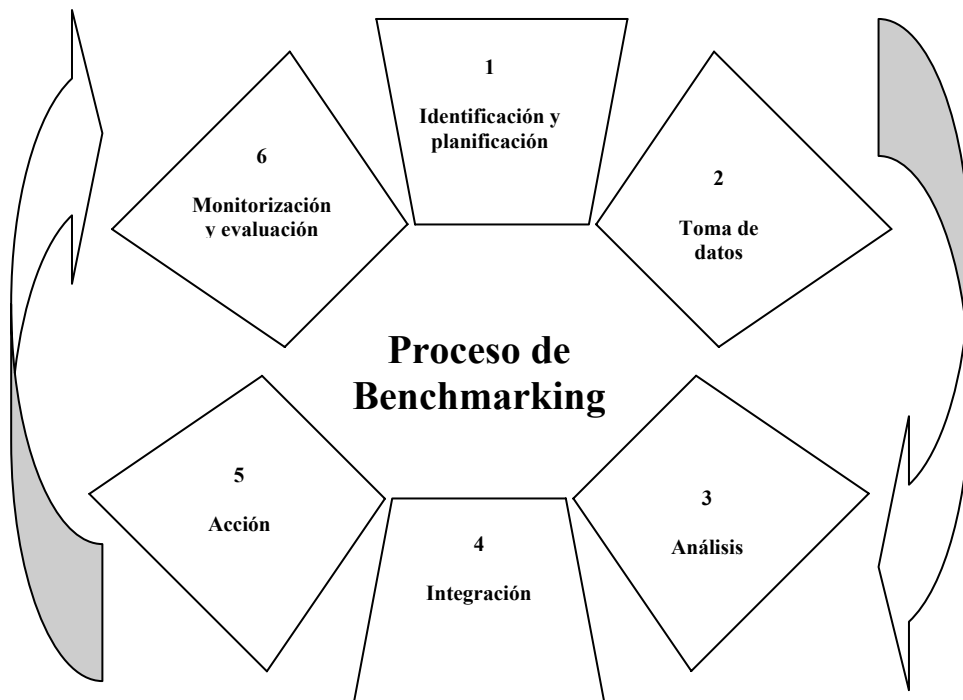


Figura 2.3. Fases de un estudio de benchmarking (Adaptado de Malano et al., 2001)

Fase 1: Identificación y planificación

La identificación y planificación del proceso de benchmarking es el punto de inicio del proceso y a su vez uno de los más importantes, una buena planificación va a ser clave para conseguir que el proceso de los resultados buscados y de ella va a depender en gran parte el éxito de la operación.

Se deben establecer claramente cual es el propósito del estudio y qué resultados se pretenden obtener, las áreas de la organización que van a ser objeto de estudio, seleccionar un conjunto de indicadores de gestión que puedan sintetizar toda la información necesaria de las áreas en estudio y planificar la toma de datos de acuerdo a una metodología que debe ser perfectamente definida.

En esta fase se deben determinar cuales van a ser las zonas regables que van a acompañar a la nuestra en las comparaciones, estas zonas regables son contra las que se va a dirigir el proceso de benchmarking.

Fase 2: Toma de datos

En esta fase se toman todos los datos necesarios para el cálculo de los indicadores de gestión y que van a permitir realizar las comparaciones entre las diversas zonas regables.

Estos indicadores deben permitir comparar zonas regables de diversas partes del mundo, con condiciones climáticas y sociales muy distintas y en muchos casos van a ser tomados por organizaciones distintas y posiblemente con medios y niveles de precisión muy diferentes.

Para reducir en todo lo posible la heterogeneidad en la toma de datos, se hace necesario establecer una metodología perfectamente definida para la toma de cada una de las variables que van a formar los indicadores. Esta metodología permite que los datos tomados por diferentes organizaciones sean perfectamente comparables entre si,

siempre asumiendo que los niveles de precisión en la toma de datos en la agricultura son relativamente bajos y que van a ser tomados por diversas organizaciones, cada una de ellas con diferentes medios y consecuentemente niveles de precisión muy diferentes.

Al pretender conseguir un nivel aceptable de precisión, se hace necesario que los indicadores sean tomados por técnicos suficientemente preparados para la toma de datos y dotados de medios suficientes para realizar un trabajo correcto.

En un estudio de benchmarking se va a intentar comparar zonas regables con otras de características parecidas, con la finalidad de que las posibles soluciones encontradas sean perfectamente asumibles por la zona a mejorar. Para realizar esta clasificación o agrupación en tipos similares es necesario tomar una serie de datos descriptivos de cada una de las zonas, además de los correspondientes indicadores, los descriptores deben incluir temas como la localización, precipitación anual, origen del agua, tipo de economía, sistemas de riego o cultivos predominantes.

Fase 3: Análisis

En esta fase se trata de determinar la brecha (diferencia entre el rendimiento de la zona estudiada y el resto) existente con el resto de zonas regables que intervienen en el proceso de benchmarking.

Además de determinar la brecha actual, se identifican las causas que originan esa diferencia en el rendimiento y las acciones que se deberían llevar a cabo para su reducción y por tanto, identificar las posibles líneas de mejora que podrían conllevar un aumento del rendimiento global de la zona regable a mejorar.

El punto crítico de esta fase es determinar las causas que han originado esa diferencia en el rendimiento entre zonas. Requiere de un conocimiento preciso y detallado de los factores que pueden intervenir en la formación de cada uno de los indicadores implicados por lo que para esta fase se hace aun más imprescindible el poder disponer de personal especializado en el tema.

Con toda esta información se determina cual debe ser el camino a seguir, la situación objetivo que se pretende conseguir y las acciones necesarias para cumplir esos objetivos. En la toma de estas decisiones, es necesario el estudio pormenorizado de las zonas regables y de su entorno, es aquí donde se hace especialmente importante que haya existido una correcta selección de los descriptores de las zonas regables, los cuales van a permitir un correcto agrupamiento de los regadíos.

Fase 4: Integración

Las acciones desarrolladas en la fase anterior deben ser integradas dentro de los procesos de funcionamiento de la organización a mejorar. Esta fase exige una clara voluntad de mejora por parte de todos los estamentos de la zona regable y dotar al responsable del estudio de benchmarking de suficiente poder a todos los niveles para llevar a cabo todas las medidas necesarias para instaurar correctamente todas las prácticas que pueden llevar a la zona regable a un rendimiento superior.

Fase 5: Acción

Una vez detectadas las mejores prácticas y desarrollado el programa de integración de las mismas en el organigrama de trabajo de la organización a mejorar, el siguiente paso es el de llevarlas a la práctica.

Esta fase exige clara voluntad de mejora por parte de todos los estamentos que componen la organización y de una formación del personal en las nuevas técnicas de trabajo desarrolladas.

Fase 6: Seguimiento y evaluación

Una vez instauradas las nuevas prácticas, el proceso exige un seguimiento continuo de cómo se están consiguiendo los objetivos perseguidos en el proceso de benchmarking y las posibles desviaciones existentes con respecto a los mismos.

Estos objetivos pueden ser variables en el tiempo, pudiendo ser actualizados dentro del proceso continuo que supone benchmarking.

2.3. INICIATIVAS PARA EL ESTUDIO DE LOS REGADÍOS MEDIANTE TÉCNICAS DE BENCHMARKING

2.3.1. Experiencia del USBR Mid-Pacific Region

2.3.1.1. Origen y características del programa

Desde el año 1999 el Irrigation Training and Research Center (ITRC) de la Universidad Politécnica de California, realizan por encargo del U.S. Department of the Interior Bureau and Reclamation un estudio de benchmarking en el que se pretende estudiar el grado de flexibilidad existente en su sistema de distribución mediante canales y comprobar hasta qué grado es capaz de satisfacer las necesidades de los agricultores.

Consideran la región del Pacífico medio, con un total de 117 zonas regables: 110 en California, 3 en Nevada y 4 en Oregon. En la zona el sistema de distribución predominante es de canales abiertos con organización del riego a la demanda. El método de trabajo es mediante entrevistas o encuestas a los gestores o al personal de la zona con suficiente conocimiento del funcionamiento y operaciones del suministro de agua.

El cuestionario lo componen un total de 200 preguntas en donde se tratan los siguientes temas:

- Información relativa al grado de libertad y flexibilidad del que dispone el agricultor en el suministro del agua.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Características de las zonas regables: precio del agua, disponibilidad del agua, métodos de riego, programas de conservación de agua, modernización de regadíos, etc.
- Necesidades de las zonas regables y asistencia que requerirían del ITRC.

Cada uno de esos grupos comprende un gran número de preguntas mediante las cuales se puede obtener un índice global que determina el estado de la zona en el aspecto considerado.

2.3.1.2. Indicadores de gestión considerados

A continuación se citan los indicadores que componen cada uno de los grupos:

– **Índices de flexibilidad**

Realizan preguntas relativas a la frecuencia en la que la red es incapaz de suministrar el agua demandada, la posibilidad de aumentar o reducir el caudal que se está demandando en un determinado instante, flexibilidad en la duración del riego y la antelación con la que es necesario solicitar el agua antes de aplicar un riego.

Como suma de los valores obtenidos en las preguntas anteriores se obtiene un valor global o índice de flexibilidad.

– **Método de riego, costes y precios**

Se consideran temas como el método de riego empleado, costes energéticos y el precio del agua. En el precio del agua se considera tanto si la factura es una tarifa por cantidad de agua consumida (la mayor parte de los casos) o si es una tarifa por unidad de área regada.

Además de los temas citados, en este apartado se considera la disponibilidad de agua en los últimos 5 años, considerando si las zonas regables usan únicamente aguas superficiales o recurren a las aguas subterráneas y las posibles políticas de recarga de acuíferos y conservación de aguas consideradas.

– **Infraestructura**

Estudian la infraestructura de la zona regable:

- Si los agricultores en sus parcelas poseen balsas de regulación y por tanto, posibilidad de disponer del agua en todo momento pese a que la flexibilidad del suministro sea deficiente.
- Capacidad del sistema de distribución de agua, estudiando el tiempo en el que el sistema de distribución se encuentra a máxima capacidad.
- Medidores de caudal, considerando el tipo de medidor (puertas calibradas, de orificio, de hélice, etc.) y dando importancia a si totaliza o no la cantidad total de agua suministrada.
- Preguntas relativas a las mejoras en infraestructuras a realizar en un futuro próximo.

– **Percepciones de los gestores de las zonas regables**

Se estudia la percepción que los gestores tienen sobre la necesidad de mejorar temas como la flexibilidad, sobre la importancia que los gestores dan a la recarga de acuíferos o si consideran beneficiosa el agua de escorrentía o percolación profunda.

En este apartado también se incide en la conservación del agua, preguntando a los gestores sobre la cantidad de agua que sería posible ahorrar en un año normal, los usos potenciales que se podrían dar al agua ahorrada o si permitiría reducir el agua subterránea utilizada.

– **Asesoramiento técnico que sería requerido**

Se pregunta sobre en qué aspectos sería necesario el asesoramiento del ITRC para la modernización de las zonas regables: cursos para los agricultores y para el personal de la zona, asesoramiento en sistemas de control y adquisición de datos (SCADA), evaluaciones de los sistemas de riego, etc.

2.3.2. Australian National Committee on Irrigation and Drainage (ANCID)

2.3.2.1. Origen y características del programa

El que gran parte de Australia posea un clima seco, hace que el agua sea el principal factor limitante de sus producciones, llegando al extremo de que en la cuenca de Murray-Darling (posee el 75% de los 2,4 millones de ha de regadío de Australia) el regadío representa el 1% de la superficie agrícola y genera el 50% de la producción (Mills, 2002).

Al ser el agua un bien escaso y a su vez generador de riqueza, en los últimos años en Australia ha crecido la inquietud social sobre su uso y la sociedad empieza a exigir que:

- El agua sea distribuida de forma eficiente y con un mínimo coste.
- Que el agua se use de la forma más eficiente que sea posible.
- Que el agua genere la mayor cantidad de riqueza para el país que se pueda obtener.
- Que los regadíos causen un impacto ambiental mínimo.

Para intentar satisfacer estas demandas de la sociedad y al ánimo de mejora y uso eficiente del agua en los regadíos, el ANCID recurrió a las técnicas de benchmarking, siendo el primer país en tomar una iniciativa de este tipo. Para la recopilación de datos se recurrió a una empresa externa: Hydro Environmental Ltd.

Desde hace 4 años, en cada campaña se somete a un proceso de caracterización mediante indicadores de gestión a las principales organizaciones suministradoras de agua del país.

Las técnicas de benchmarking en Australia comenzaron a usarse como una herramienta que permitiese encontrar las mejores prácticas, siempre buscando la sostenibilidad del regadío en aspectos como el ambiental, el social y el económico. El programa empezó como una experiencia piloto en la campaña 1996/97, en la cual se realizaron consultas en las zonas regables con el objetivo de identificar los principales aspectos que deberían ser objeto de un estudio de benchmarking mediante indicadores de gestión. Con estos resultados se realizó un primer estudio aplicado únicamente a 6 organizaciones proveedoras de agua correspondientes a la zona del río Murray y Murrumbidgee (Alexander, 1999).

El siguiente paso fue el de extender el estudio a la totalidad del territorio. En 1999 se publicó el primer informe de benchmarking del ANCID, en el que se ofrecían indicadores correspondientes a la campaña 1997/98. En este primer estudio se consideraron 15 indicadores de gestión externos, los cuales se aplicaron a un total de 33 zonas regables (Hydro Environmental, 1999).

Durante las campañas 1998/99, 1999/00 y 2000/01, se han continuado publicando los informes de benchmarking de las zonas regables de Australia, ampliando tanto el número de zonas estudiadas como el número de indicadores de gestión considerados. En el último informe, el correspondiente a la campaña 2000/01, el número de zonas regables ha aumentado hasta 40 y el de indicadores hasta 65, agrupados en las siguientes categorías:

- Indicadores de rendimiento: 12 indicadores
- Rendimiento económico: 14 indicadores
- Ambientales: 25 indicadores
- Financieros: 14 indicadores

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

Dichos indicadores son externos y existen tanto cualitativos como cuantitativos. Al final de cada campaña, en el ANCID se revisan todos los indicadores y se estudia la posibilidad de introducir indicadores nuevos o si existe la necesidad de retirar alguno de los ya existentes, algo que no suele suceder, debido a que el número de indicadores tiende a aumentar, controlándose cada vez más aspectos relacionados con el regadío.

En la toma de datos, las organizaciones suministradoras de agua participan de forma activa. A los gestores de cada una de ellas se les envía una hoja de cálculo con todas las preguntas y variables necesarias para el cálculo de los indicadores. Para facilitar las respuestas, cada hoja incluye las respuestas del año anterior de la organización suministradora de agua. Además de esto, se les envían instrucciones para la toma de los datos.

2.3.2.2. Indicadores de gestión considerados

Algunos de los indicadores que consideran son los siguientes:

- **Indicadores de rendimiento:** Incluye los indicadores relacionados con el proceso de la distribución del agua y de las cantidades de agua asignadas a cada zona regable. Estos indicadores son:
 - Volumen de agua suministrada
 - Volumen de agua suministrada en relación a la concesión de agua y a los recursos disponibles
 - Eficiencia en la distribución del agua
 - Origen del agua (superficial, subterránea o residual)
 - Venta de los derechos sobre el agua
- **Indicadores ambientales:** Aunque los organismos suministradores de agua no son directamente los responsables de los efectos ambientales, siendo más bien una tarea de los propios agricultores, el ANCID considera los siguientes indicadores:
 - Gestión ambiental (gastos y principales temas tratados)

- Calidad del agua suministrada (el agua de drenaje en ocasiones no es estudiada)
 - Profundidad de la capa freática y calidad del agua subsuperficial
 - Balance de sales
 - Políticas de ahorro de agua
 - Reutilización de aguas
 - Inversión en conservación de la naturaleza
 - Políticas de conservación de la herencia cultural
- **Indicadores de rendimiento económico:** Cuantifican el beneficio económico que se obtiene en la organización suministradora de agua y diversos aspectos relacionados con la gestión a nivel de empresa. Los indicadores de rendimiento económico se engloban en cinco grupos:
- Gestión económica
 - Índice de recuperación de costes (retornos entre el coste de manejo del sistema)
 - Índice de liquidez (valor del activo entre el valor de las deudas)
 - Índice de capital circulante (valor de los retornos entre el capital circulante)
 - Índice del valor económico añadido
 - Tiempo empleado en cobrar las deudas
 - Coste de operación entre retornos
 - Coste de mantenimiento entre retornos
 - Tiempo restante hasta amortización de bienes
 - Inversión en I+D entre retornos
 - Políticas de eficiencia y efectividad en la empresa
 - Existencia de planes de estrategia y acción
 - Existencia de sistemas de información electrónicos (uso de Internet, facturación electrónica, sistemas de electrónicos de suministro de agua, etc.)

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Sistemas de seguimiento de la actividad financiera
 - Índice de seguridad y salud
 - Participación de los consumidores
 - Participación de los clientes en el desarrollo de los planes de acción
 - Existencia de encuestas de opinión a los usuarios
 - Distribución de la información financiera de los proveedores de agua entre los usuarios
 - Facilidades para la solicitud de agua (teléfono, Internet, etc.)
 - Distribución de información útil para que los regantes programen adecuadamente los riegos (servicios de información meteorológica, sobre el rendimiento de la red, etc.)
 - Innovación
 - Servicios de asesoramiento al regante
 - Estadísticas de las explotaciones (cultivos existentes, intensidad de cultivos y valor de la producción agrícola)
 - Innovaciones en la gestión
 - Investigación y desarrollo
 - Disponibilidad de información en Internet
 - Políticas para garantizar el suministro y la calidad del agua
- **Indicadores financieros:** ofrecen información a los gestores sobre si las organizaciones suministradoras de agua están funcionando de una manera sostenible desde un punto de vista financiero. Los indicadores que se consideran son los siguientes:
- Coste de manejo del sistema entre el volumen de agua suministrada
 - Coste de manejo del sistema por persona empleada en el servicio de distribución de agua
 - Coste de operación por volumen de agua suministrada

- Coste de operación por persona empleada en el servicio de distribución de agua.
- Coste de operación por unidad de longitud de la red
- Personas empleadas por unidad de longitud de la red
- Área regada por persona empleada en el servicio de distribución de agua
- Tipo de facturación
- Facturación del agua suministrada (por volumen suministrado, por superficie regada o por los componentes del servicio)
- Facturación del servicio de drenaje (por volumen suministrado a la explotación, por superficie regada, por los componentes del servicio, incluidos en la factura del agua de riego y otros)
- Retornos por unidad de agua suministrada
- Ratio de costes de manejo del sistema y los retornos
- Gestión y amortización de bienes
- Nuevas herramientas de gestión (GIS, GPS,...)
- Gestión de bienes
- Vida útil restante de los bienes
- Provisión para el reemplazo de los bienes
- General
- Relación de la provisión y la depreciación de los bienes

2.3.2.3. Perspectivas futuras y comparación con otros sistemas de gestión mediante indicadores

La experiencia de benchmarking de las organizaciones suministradoras de agua en Australia ha sido pionera en el uso de los indicadores de gestión en el suministro de agua de riego. El control mediante indicadores ha logrado una sustancial mejora en la gestión de dichas organizaciones y determinar cuáles de ellas deben ser el modelo a seguir.

Los indicadores desarrollados por el ANCID se centran en las organizaciones suministradoras de agua, no llegando a entrar a las explotaciones. Este punto es el que hace difícil una convergencia con los indicadores desarrollados por el IPTRID, los cuales pretenden ser un punto de referencia internacional en los indicadores de gestión de los regadíos (ver apartado 2.3.4). No obstante, uno de los objetivos del ANCID es el aumentar el estudio a escala de explotación y poder realizar comparaciones con zonas regables de diversas partes del mundo, lo cual sería una experiencia enriquecedora en la búsqueda de un uso eficiente del agua de riego.

2.3.3. Rapid Appraisal Process (RAP)

2.3.3.1. Origen y características del programa

El Rapid Appraisal Process (RAP) es un proceso de caracterización de zonas regables mediante el uso de indicadores de gestión desarrollado en la Universidad Politécnica de California (Burt, 2001). El objetivo del RAP es el de ofrecer una visión global de la situación de una zona regable en el menor tiempo posible, estimándose el tiempo necesario para una caracterización completa en únicamente dos semanas.

Las aplicaciones del RAP son muy recientes, habiendo sido usado en proyectos internacionales de riego por encargo de la FAO (Burt y Styles, 2000). No obstante, se han venido usando distintas metodologías precursoras del RAP desde 1989 en decenas de proyectos de modernización de regadíos en el oeste de Estados Unidos.

El RAP intenta caracterizar la zona regable desde un punto de vista global, esto es algo que la diferencia de otras metodologías de control que únicamente examinan determinados aspectos de la gestión. La rapidez en que es posible la aplicación de esta metodología, unida a la información global que ofrece, hace que sea un proceso idóneo en la toma de decisiones para la mejora y modernización de las zonas regables.

La aplicación de esta metodología se puede dividir en dos partes bastante bien diferenciadas:

1. Examinar todas las entradas y salidas del sistema
2. Realizar un examen sistemático de toda la red de distribución, desde el origen del agua hasta la propia explotación.

2.3.3.2. Tipos de indicadores

En esta caracterización son necesarios los dos tipos de indicadores a los que ya nos hemos referido: los indicadores externos y los internos. Con la combinación de ambos tipos de indicadores se consiguen los siguientes objetivos:

- Obtener una visión de la situación actual de la zona regable con vistas a la comparación del rendimiento actual con el futuro.
- Poder comparar una zona regable con otras.
- Establecer una base que permita realizar recomendaciones específicas para la modernización y mejora del servicio de suministro del agua.

Para Burt (2001), los indicadores internos son necesarios para entender el manejo que se realiza dentro de una zona regable y ayudan al evaluador en el desarrollo de un plan de acción que obtendrá como resultado una mejora de los indicadores externos. En cambio los indicadores externos únicamente ofrecen información de que algunos aspectos fallan en la zona regable, pero sin entrar en detalle en las acciones que serían necesarias para conseguir una mejora en el rendimiento de la zona regable.

2.3.3.3. Metodología para la obtención de los indicadores

Muchos de los indicadores considerados en el RAP van a ser cualitativos por lo que el principal factor que va a determinar el éxito o el fracaso en la aplicación del RAP es el disponer de personal especializado en el riego y formado en la aplicación de estas

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

técnicas, siempre intentando que dos evaluadores distintos puedan ofrecer los mismos valores de los indicadores independientemente de que sean cualitativos o cuantitativos. Según Burt (2001) las claves para una correcta aplicación son las siguientes:

- Disponer de evaluadores con amplios conocimientos en riegos.
- Entrenamiento específico de los evaluadores en las técnicas RAP.
- Continuo seguimiento, apoyo y crítica de los evaluadores al comenzar el trabajo de campo.

El escaso tiempo necesario para la realización de este estudio implica que va a ser prácticamente imposible el poder disponer de unos grados altos de precisión. Pese a esto, se asume que en los estudios de las zonas regables siempre se estará en el intervalo de precisión de entre el 5 y el 10%. Esta precisión es más que suficiente para los proyectos de riego, en donde las deficiencias suelen ser bastante evidentes y pueden ser detectadas fácilmente sin necesidad de recurrir a precisiones mayores.

Para la aplicación del RAP siempre se suelen seguir una serie de pasos:

1. En primer lugar se realiza una solicitud previa de información a los gestores de la zona regable, se consideran temas como la superficie cultivada, caudales de proyecto, datos climáticos, balances de agua y personal empleado.
2. Posteriormente se recorre la red de canales, hablando con los operadores y agricultores, observando y tomando nota de los métodos y materiales usados en el control del agua.

Esta metodología puede proveer rápidamente de una información valiosa relacionada con muchos aspectos de diseño de proyectos de riego y operaciones. Además de esto, su estructura ofrece una revisión sistemática que permite al evaluador dar recomendaciones que permitan la mejora del rendimiento.

2.3.3.4. Comparación con los indicadores del IPTRID

Algunos de los datos tomados en el RAP son útiles para el cálculo de los indicadores desarrollados por el IPTRID (Apartado 2.3.4). No obstante, existen dos grandes diferencias entre ambos conjuntos de indicadores:

El RAP requiere de dos semanas de toma de datos mientras que el tiempo necesario para la recopilación de la información necesaria en los indicadores del IPTRID es mucho mayor. Según Kloezen y Garcés es posible conocer la dificultad de aplicación del resto de las metodologías en la siguiente definición relativa a sus trabajos publicados en 1998, en la cual para la caracterización de una zona regable: *“fueron necesarios tres ingenieros trabajando a jornada completa durante más de un año en la toma de datos primarios y medidas para la aplicación de indicadores de gestión en los canales y campos seleccionados”*.

El IPTRID considera únicamente indicadores externos mientras que el RAP incluye ambos, los externos y los internos.

2.3.3.5. Indicadores de gestión considerados

Para facilitar la aplicación del RAP se han desarrollado una serie de cuestiones que se suministran en un archivo de EXCEL en el que las variables se encuentran distribuidas en un total de 13 hojas de cálculo. Los indicadores incluidos en dicho archivo son los siguientes:

- **Descriptorios generales**
 - Área total de la zona
 - Área total dotada de infraestructura de riego
 - Eficiencia en la distribución
 - Tasa de infiltración estimada en arrozales
 - Pérdidas superficiales estimadas de arrozales a drenes

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Eficiencia de aplicación estimada del agua de riego
 - Capacidad de suministro de agua del canal principal
 - Conductividad eléctrica del agua de riego
 - Datos de cada uno de los cultivos
 - Mes del año hidrológico
 - Nombre del cultivo regado
 - Tolerancia a la salinidad
 - Coeficientes de cultivo
 - Valores mensuales de ET_0
 - Agua superficial que entra a la zona regable que puede ser usada para riego
 - Volumen de agua recirculada en el interior de la zona regable
 - Superficies ocupadas por cada cultivo en la zona regable
 - Volumen de agua subterránea disponible
 - Precipitación, precipitación efectiva y percolación profunda de la precipitación
 - Requerimientos agronómicos especiales
 - Rendimientos de cultivos
 - Valor de la producción agrícola
- **Indicadores externos de suministro de agua**
- Eficiencia en la distribución
 - Eficiencia de riego ponderada (entre el arroz y otros cultivos)
 - Área regable
 - Área regada
 - Intensidad de cultivo
 - Cantidad total de agua superficial que entra en el sistema
 - Precipitación
 - Precipitación efectiva
 - Descenso en el nivel de la capa freática
 - Cantidad total de agua suministrada (considerando aguas subterráneas)
 - Recirculación del agua de riego

- Agua subterránea bombeada por los agricultores
- Agua subterránea bombeada por los organismos competentes
- Recursos subterráneos estimados
- Eficiencia en la distribución del agua de recirculación
- Volumen de agua superficial de origen externo suministrado a los agricultores
- Volumen de agua de origen interno suministrado a los usuarios
- Volumen de agua de riego total suministrada a los usuarios
- Evapotranspiración total de los cultivos regados en la zona regable
- Evapotranspiración del agua de riego
- Agua de riego requerida para el lavado de sales
- Agua de riego necesaria para prácticas especiales
- Requerimiento total de agua de riego
- Capacidad de suministro del canal
- Demanda máxima de agua
- **Indicadores externos de comparación de zonas regables**
 - Caudal de flujos de entrada al sistema
 - Suministro relativo de agua
 - Eficiencia de riego anual en la zona regable
 - Eficiencia de aplicación del agua de riego (calculada)
 - Capacidad relativa de suministro del canal
 - Producción agrícola expresada en toneladas
 - Valor total de la producción agrícola
- **Indicadores internos**
 - Indicadores relacionados con gestión de la oficina de la zona regable
 - Indicadores relacionados con el personal de la zona regable
 - Indicadores sobre las WUA (Water User Association)
 - Indicadores relacionados con el canal principal
 - Indicadores relacionados con los canales secundarios
 - Indicadores relacionados con los canales terciarios

En el apartado de indicadores internos únicamente se han citado los temas en los que se agrupan, debido al gran número de indicadores que compone cada uno de esos grupos. Los indicadores internos se dividen en varios subindicadores, por lo que el número de ellos es considerablemente elevado.

El asignar valores a los indicadores internos es un tema bastante subjetivo en el que va a ser de suma importancia la experiencia del evaluador. A cada indicador o subindicador se le asigna un valor entre 0 y 4, siendo 0 la situación menos deseable y 4 la situación ideal. Además de esto, a cada indicador externo se le asigna un factor de ponderación, lo que permite obtener índices globales y obtener información global sobre:

- Factores clave relacionados con el control del agua
- Calidad del suministro de agua a los usuarios
- Materiales específicos, técnicas de manejo y procesos usados en el control y distribución del agua.

Una vez se conocen los indicadores externos e internos, se procede a la interpretación de los mismos y estudiar las opciones de modernización. En la interpretación de los resultados es en el apartado en el que se requiere de especialistas en riego que sean capaces de evaluar todas las posibles opciones y su viabilidad.

2.3.4. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID)

2.3.4.1. Origen y características del programa

Los indicadores desarrollados por el IPTRID representan la primera iniciativa de las principales organizaciones internacionales relacionadas con el mundo del regadío, en el intento de internacionalizar un conjunto de indicadores de gestión y la metodología para su obtención. La instauración de un conjunto de indicadores de aplicación general

puede permitir una comparación entre zonas regables de distintos países con condiciones climáticas y económicas muy diferentes, con manejo del riego y gestión financiera muy diferente.

La iniciativa en la creación de un grupo de indicadores de aplicación internacional corresponde al Banco Mundial, principalmente en su intento de controlar la evolución de las zonas regables en las que realizaba inversiones en modernización. Según el Banco Mundial, el objetivo de esta iniciativa es: *“Mejorar el rendimiento de los regadíos mediante el incremento en la eficiencia, la transparencia y la responsabilidad de las organizaciones de suministro de agua de riego y el incremento en la participación de los usuarios y del sector privado”*.

En Diciembre de 1999 el Banco Mundial encargó el IPTRID un estudio para desarrollar las directrices para la aplicación de las técnicas de benchmarking al sector de los riegos y drenajes. En el desarrollo del estudio colaboraron varias organizaciones internacionales: Banco Mundial (WB), Irrigation Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage (IPTRID), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), International Water Management Institute (IWMI) y la International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), todo coordinado por la secretaría de la IPTRID.

Para desarrollar el conjunto de indicadores en conjunto con todas las organizaciones colaboradoras, el IPTRID designó al Profesor Héctor Malano (Universidad de Melbourne) y al Doctor Martin Burton (ITAD-Water, Reino Unido). El trabajo a desarrollar implicaba:

1. Creación de un sistema de indicadores de gestión simple pero efectivo y universalmente aplicable.
2. Establecer una metodología para la toma de dichos indicadores en campo.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

Tras este primer paso, en Agosto de 2000, el IPTRID organizó un taller de trabajo en Roma con el ánimo de:

- Revisar las experiencias en indicadores de gestión para proyectos de riego y drenaje.
- Recomendar un programa de trabajo para identificar los indicadores, desarrollar una metodología para su obtención y probar dicha metodología en campo.

De dicho taller surgió la primera propuesta de indicadores de gestión y el primer informe “Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector” (Malano y Burton, 2001).

Posteriormente, en los años 2002 y 2003, tuvieron lugar en la sede del Banco Mundial (Washington D.C.) dos talleres de trabajo con el principal objetivo de comprobar la implementación de los indicadores de comportamiento en los países que se habían unido a la experiencia de benchmarking aplicado a la gestión de zonas regables. Se presentaron indicadores de comportamiento correspondientes a zonas regables de los siguientes países: India, Egipto, Australia, Marruecos, España y México (González y Kandiah, 2003).

En dichos eventos se presentaron los trabajos de caracterización de Comunidades de Regantes en Andalucía realizados en el departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba (Rodríguez *et al.*, 2002).

2.3.4.2. Indicadores de gestión considerados

Los datos necesarios para la aplicación de la metodología desarrollada por el 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 sobre los cultivos.

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

Mediante la caracterización del entorno, la cual permite situar la zona regable y definir sus posibles referencias, y el estudio de su rendimiento actual mediante el conocimiento de sus indicadores de gestión, es posible aplicar las técnicas de benchmarking a la zona regable y detectar las posibles deficiencias que existen en su gestión y funcionamiento.

Este conjunto de indicadores trata de caracterizar la zona regable con la mínima información necesaria, consecuencia de esto, considera únicamente 32 indicadores de gestión los cuales necesitan para su cálculo algo menos de 30 variables. Los indicadores que se consideran son los siguientes:

- **Indicadores de rendimiento**
 - Agua total suministrada al año
 - 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 e ingresos por cultivos

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Costes de operación por unidad de área
 - Coste por persona empleada en la distribución
 - Eficiencia en el cobro
 - Empleados por unidad de área
 - Retornos medios por m³ de agua de riego suministrada
 - Coste de manejo por unidad de agua suministrada
- **Indicadores de eficiencia en la producción**
- Producción agrícola
 - Valor total de la producción agrícola
 - Productividad por unidad de área regable
 - Productividad por unidad de área regada
 - Productividad por unidad de agua suministrada
 - Productividad por unidad de agua de riego
 - Productividad por unidad de agua total
 - Productividad por unidad de agua consumida
- **Indicadores ambientales**
- Salinidad del agua de riego
 - Salinidad del agua de lavado
 - Profundidad media de la capa freática
 - Demanda química de oxígeno del agua de riego
 - Demanda bioquímica de oxígeno del agua de riego
 - Demanda química de oxígeno del agua de lavado
 - Demanda bioquímica de oxígeno del agua de lavado
 - Cambios en la profundidad de la capa freática
 - Balance de sales

Las variables necesarias para la obtención de estos indicadores, así como la metodología a aplicar para su obtención se explican en capítulos sucesivos.

2.3.4.3. Aplicaciones informáticas para el asesoramiento en la gestión

Para facilitar la toma de datos, el IPTRID ha desarrollado un archivo en formato EXCEL en el que en un total de 6 hojas de cálculo se incluyen todas las variables, descriptores e indicadores (Figura 2.4).

Code	Description	Units	Data entry
Water quality:			
	Salinity of irrigation water	mmhos/cm	
	Salinity of drainage water	mmhos/cm	
	Biological quality of irrigation water	BOD	
	Biological quality of drainage water	BOD	
	Chemical quality of irrigation water	COD	
	Chemical quality of drainage water	COD	
Waterlogging & salinisation			
	Average depth to water table	m	
	Change in water table depth over time	m	
	Salt balance	metric tonnes	

Figura 2.4. Hoja de cálculo para la gestión de indicadores del IPTRID

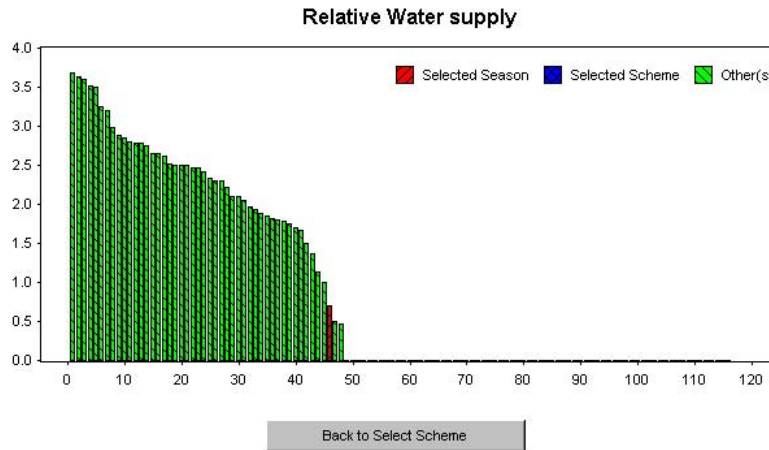
Una de las propuestas más innovadoras consideradas por el IPTRID es el de la creación de una página web dedicada a las técnicas de benchmarking, con el objetivo de una puesta en común de los indicadores tomados en diversas zonas regables de todo el mundo (International Water Management Institute, 2002).

Este servicio de asesoramiento a la mejora de los regadíos mediante el uso de las técnicas de benchmarking se encuentra disponible en la página web del IWMI (Figura 2.5). En ella es posible gestionar los indicadores de una determinada zona regable durante varias campañas y comparar los indicadores obtenidos con el de otras zonas regables del resto del mundo.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO



Online Irrigation Benchmarking Services



[IPTRID](#) [WORLD BANK](#) [IIMI](#) [ICID-CID](#) [FAO](#) [CONTACTS](#)

Figura 2.5. Indicadores de gestión en la página web del IWMI

También basándose en los indicadores del IPTRID, en la Universidad de Córdoba se ha desarrollado la aplicación informática IGRA (Aplicación de los Indicadores de Gestión en las zonas Regables) (Pérez, 2003; Pérez *et al.*, 2003). Esta aplicación constituye una sencilla herramienta para que cualquier zona regable pueda disponer de datos referentes a los indicadores de gestión de su zona y de esta forma compararse con otras zonas. También les será posible realizar un seguimiento de la gestión que realizan del agua a lo largo del tiempo contrastando los datos obtenidos en las distintas campañas. Todo ello permitirá realizar mejoras y comprobar si son efectivas.

La aplicación incorpora distintas fichas en las cuales se van introduciendo los datos referentes a los descriptores de la zona y a las variables de cada campaña, procediendo al cálculo automático de los indicadores a partir de dichas variables. Permite la posibilidad de visualizar, modificar e imprimir los informes relativos a los descriptores, variables e indicadores. A su vez incorpora una base de datos en la cual se

van almacenando los valores de los indicadores de distintas zonas de riego en una campaña determinada. Posibilita la inclusión de nuevos registros y la visualización de los almacenados tanto por medio de fichas de registro como por una tabla general. Por último, permite comparar los indicadores por medio de gráficas (Figura 2.6).

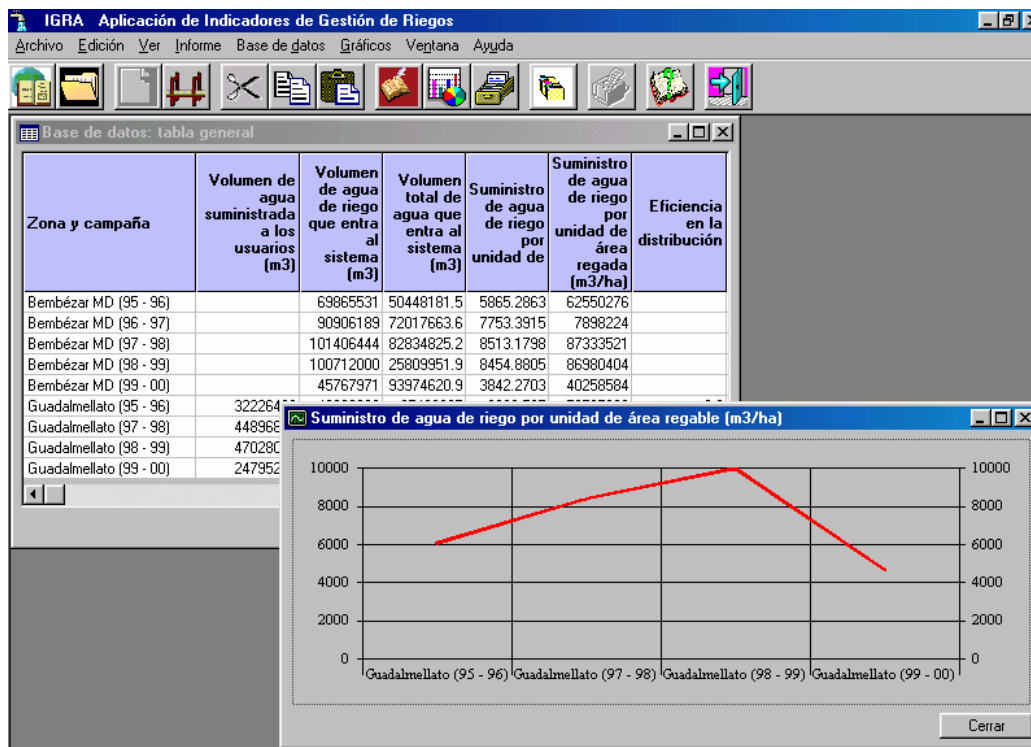


Figura 2.6. Aplicación informática IGRA

2.4. CONCLUSIONES

Las técnicas de benchmarking constituyen un proceso continuo de aprendizaje de las mejores prácticas y su adaptación a nuestra organización. Su adaptación al estudio de las zonas regables permite localizar las mejores prácticas de manejo del riego y su adaptación a las zonas regables a mejorar, siempre buscando un uso más eficiente del agua de riego.

Para la realización de un proceso de benchmarking en la agricultura, son de especial importancia los indicadores de gestión. Estos indicadores ya han sido usados

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

desde hace décadas en el control de los regadíos. Los primeros indicadores se centraban en la eficiencia en el manejo del riego, aunque en los últimos años los indicadores han evolucionado y cada vez controlan una mayor cantidad de factores relacionados con la gestión de las zonas regables, introduciéndose nuevos conceptos como el de gestión ambiental o gestión financiera.

Existen dos grupos de indicadores, los internos, caracterizan los procesos propios del manejo del riego, y los externos, relacionan entradas y salidas al sistema. Los indicadores externos están especialmente diseñados para comparar zonas regables distintas y para conocer la evolución temporal del rendimiento de una zona durante varias campañas.

Tan importante como una buena elección del conjunto de indicadores a emplear, es la definición de una metodología para la toma de datos que permita comparar los indicadores tomados por personas distintas, con distinta tecnología y en distintos lugares del mundo.

Comienzan a ser frecuentes estudios de control de zonas regables mediante indicadores de gestión en los que se obtienen los datos mediante sensores remotos localizados en satélites, lo que permite abaratar y unificar la obtención de los datos.

Las experiencias actuales del uso de los indicadores de gestión han demostrado su utilidad para la detección de ineficiencias locales y el estudio de tendencias temporales. La creación de un conjunto de indicadores de carácter universal (indicadores desarrollados por el IPTRID), permitirá ampliar los puntos de vista al poder comparar indicadores de zonas regables de todo el mundo, ampliando el número de posibles soluciones a obtener.

2.5. BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, H.; Hirnir, W.; Melo, J. y R. Parena. 2000. *Performance indicators for water supply services*. IWA Publishing.
- Alexander, P. 1999. *Benchmarking of Australian Water Providers*. Hydro Environmental. Australia.
- American Productivity and Quality Center. 2000. *The Benchmarking code of conduct*. www.apqc.org
- Bastiaansen, W.G.M. y M. Bos. G. 1999. *Irrigation Performance indicators based on remotely sensed data: a review of literature*. Irrigation and Drainage Systems. 13: 291-311
- Berdell, T.; Boulter, L. y J. Kelly. 1994. *Ventajas competitivas a través del Benchmarking*. Ediciones Folio.
- Bogan, C.E. y M.J. English. 1994. *Benchmarking for best practices. Winning through innovative adaptation*. McGraw-Hill.
- Bos, M.G. y J. Nugteren. 1974. *On irrigation efficiencies*. Publicación 19. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.
- Bos, M.G. 1985. *Summary of ICID definitions on irrigation efficiency*. ICID Bulletin. 34 (1). Wageningen.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Burt, C.M.; Clemmens, T.S.; Strelkoff, K.H.; Solomon, R.D.; Bliesner, L.A.; Ardí, T.A. Howell, T.A. y D.E. Eisenhauer. 1997. *Irrigation Performance Measures – Efficiency and Uniformity*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 123(6): 423-442
- Burt, C.M. 1999. *Irrigation Water Balance Fundamentals*. USCID Water Management Conference “Benchmarking Irrigation System Performance Using Water Measurement and Water Balances”. San Luis Obispo (California). EEUU.
- Burt, C.M. y S.W. Styles. 2000. *Modern water control and management practices: Impact on performance*. Water Report 19. FAO.
- Burt, C.M. 2001. *Proceso de Evaluación Rápida (RAP) y comparación con el patrón de referencia (benchmarking)*. Explicación y herramientas. Irrigation Training and Research Center.
- Cabrera Rochera, E. 2001. *Diseño de un sistema para la evaluación de la gestión de abastecimientos urbanos*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Camp, R. 1993. *Benchmarking*. Panorama Editorial S.A.
- Clemmens, A. J. 1999. *How accurate are Irrigation Performance Indicators?*. USCID Water Management Conference “Benchmarking Irrigation System Performance Using Water Measurement and Water Balances”. San Luis Obispo (California). EEUU.
- Droogers, P.; Kite, G. y W. Bastiaansen. 1999. *Integrated basin modelling to evaluate water productivity*. ICID 17th Congress. Granada.

- Feria Estrada, M.; Razo, H.; Denise Romero, K. y G. Yáñez Angli. 2002. *Benchmarking: Calidad total midiéndonos con el mejor*. <http://mx.geocities.com/benchmarkingmx>
- Garcés, C. 1983. *A methodology to evaluate the performance of irrigation systems. Application to Philippine national systems*. Tesis doctoral. Cornell University, Ithaca, New York. EEUU.
- Goldsmith, H. y I.W. Makin. 1991. *A comparison of two methodologies for assessment of irrigation performance under the Warabandi systems*. Irrigation and Drainage Systems 5: 19-29.
- González, F. y H. Ahmed. 2002. *Holistic Benchmarking: A Tool for Improving Irrigation Performance*. Workshop on Holistic Benchmarking. Washington D.C. EEUU.
- González, F. y A. Kandiah. 2003. *Emerging experiences of benchmarking in the irrigation and drainage sector*. II Workshop on Holistic Benchmarking. Washington D.C. (EEUU).
- Hydro Environmental. 1999. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 1997/98*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.
- Hydro Environmental. 2000. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 1998/99*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.
- Hydro Environmental. 2001. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 1999/00*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Hydro Environmental. 2002. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 2000/01*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.
- International Water Management Institute. 2002. *On-line Benchmarking Irrigation and Drainage Sector Performance*. www.iwmi.org
- Irrigation Training and Research Center. 2000. *Benchmarking of flexibility and needs*. USBR Mid-Pacific Region. EEUU.
- Kärlof B. y S. Östblom. 1993. *Benchmarking*. John Wiley & Sons.
- Kloezen, W.H. y C. Garcés. 1998. Assessing irrigation performance with comparative indicators. The case of the Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico. Research report 22. International Water Management Institute.
- Lenton, R.L. 1984. *A note on monitoring productivity and equity in irrigation systems*. In *Productivity and equity in irrigation systems*. Niranjan Pant (ed.). Ashish Publishing House.
- Levine, G. 1982. *Relative Water Supply: An explanatory variable for irrigation systems*. Technical Report No. 6. Cornell University. Ithaca, New York. EEUU.
- Makin, I.W.; Goldsmith, H. y J.C. Skutch. 1991. *Ongoing performance assessment – A case study of Kraseio Project, Thailand*. Irrigation and Drainage Systems 5: 31-42.
- Malano, H. y M. Burton. 2001. *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector*. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage.

- Mao Zhi. 1989. *Identification of causes of poor performance of a typical large-sized irrigation scheme in south China*. Asian Regional Symposium on the Modernization and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Schemes. Hydraulics Research. Walingford, England; Asian Development Bank, National Irrigation Administration of the Philippines.
- Merriam, J.L.; Shearer, M.N. y C.M. Burt. 1983. *Evaluating irrigation systems and practices. In design and operation of farm irrigation systems*. M. E. Jensen (ed.). ASAE Monograph No. 3. American Society of Agricultural Engineers.
- Mills, S. 2002. *Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Workshop on Holistic Benchmarking*. Washington D.C. EEUU.
- Molden D.; Sakthivadil R.; Perry C.J.; Fraiture, C. y W.H. Kloezen. 1998. *Indicators for comparing performance of agricultural systems*. Research Report 20. International Water Management Institute.
- Molden, D. 1997. *Accounting for water use and productivity*. SWIM Paper 1, International Irrigation Management Institute, Colombo.
- Molden, D. y J.K. Gates. 1990. *Performance measures for evaluation of irrigation water delivery systems*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. (6): 804-823.
- Molden, D.J.; Sakthivadivel, R.; Perry, C.J.; de Fraiture, C. y W. Kloezen. 1998. *Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems*. Research report 20, International Water Management Institute. Colombo. Sri Lanka.

- Murray-Rust, D.H. y W.B. Snellen. 1993. *Irrigation system performance assessment and diagnosis*. International Irrigation Management Institute. Colombo. Sri Lanka.
- O'Dell, C. 1994. *Out of the box Benchmarking*. Continues Journey.
- O'Reagain, S. y R. Keegan. 2000. *Benchmarking explained*.
www.benchmarking-in-europe.com
- Palmer, J.D. 1990. *Delivering appropriate quantities of water to the farm*. In *Irrigation and Drainage*, Proceeding of the 1990 National Conference; Steven C. Harris (ed.). American Society of Civil Engineers.
- Pérez, L. 2003. *Aplicación para el uso de los indicadores de gestión en las zonas regables*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Pérez, L.; Rodríguez, J.A.; Camacho, E.; López, R.; Roldán, J.; Alcalde, M.; Ortiz, J.A. y R. Segura. 2003. *IGRA. An Approach for the application of the benchmarking initiative to irrigation areas*. ICID-CIID. 54th International Executive Council. 20th European Regional Conference. Montpellier.
- Plusquellec, H.L. 1990. *The Gezira Irrigation Scheme in Sudan: Objectives, design and performance*. Technical paper No. 120. The World Bank, Washington, D.C., EEUU.
- Plusquellec, H.L.; Mc Phail, K. y C. Polti. 1990. *Review of irrigation system performance with respect to initial objectives*. *Irrigation and Drainage Systems* 4: 313-327.

- Plusquellec, H.L. 1989. *Two irrigation systems in Colombia. Their performance and transfer of management to users associations*. WPS 264. Agriculture and Rural Development Department. The World Bank, Washington, D.C., EEUU.
- Rao, P.S. 1993. *Review of selected literature on indicators of irrigation performance*. IIMI Research paper No. 13. International Irrigation Management Institute. Colombo. Sri Lanka.
- Ray, S.S.; Dadhwal, V.K. y R.R. Navalgund. 2002. *Performance evaluation of an irrigation command area using remote sensing: a case study of Mahi command, Gujarat, India*. *Agricultural Water Management*. 56: 81-91
- Rodríguez, J.A.; Camacho, E. y R. López. 2002. *Benchmarking techniques applied to irrigation districts in Andalucía (Spain)*. I Workshop on Holistic Benchmarking. Washington D.C. (EEUU).
- Sakthivadivel, R.; Bastiaansen, W.; Thiruvengadachari, S. y D. Molden. 1999. *Performance evaluation of the Bhakra Irrigation system, India, using remote sensing, hydrologic modelling and GIS techniques*. ICID 17th Congress. Granada.
- Seckler, D.; Sampath, R. K. y S.K. Raheja. 1988. *An index for measuring the performance of irrigation management systems with an application*. *Water Resources Bulletin* 24 (4): 855-860.
- Smith, M. 2000. *Optimising crop production and crop water management under reduced water supply*. 6th Microirrigation Congress. South Africa.

2. USO DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN Y DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING EN EL REGADÍO

- Solomon, K. H.; Davidoff, B. 1999. *Geographic scale effects on irrigation performance parameters*. USCID Water Management Conference “Benchmarking Irrigation System Performance Using Water Measurement and Water Balances”. San Luis Obispo (California). EEUU.
- Spendolini, M. J. 1994. *Benchmarking*. Grupo Editorial Norma.
- Suryavanshi, A.R. 1999. *Performance evaluation of irrigation system for rehabilitation: with case studies*. ICID 17th Congress. Granada.
- Weller, J.A. 1991. *An evaluation on the Porac River Irrigation System*. Irrigation and Drainage Systems 5:1-17.
- Wolters, W. y M.G. Bos. 1990. *Irrigation performance assessment and irrigation efficiency*. Annual Report. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen.



Capítulo 3

*Identificación de los tipos de regadíos
existentes en Andalucía mediante técnicas
DEA*

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

3.1. INTRODUCCIÓN

Debido al proceso de liberalización en que se encuentra la agricultura europea, a la dependencia del agua y a la escasez existente de dicho recurso, la agricultura depende de que se realice una óptima combinación de insumos. Y dentro de esta optimización de insumos, y debido a la escasez de agua existente en Andalucía, el principal objetivo debe ser el usar una cantidad de agua óptima, con la que se consiga la mayor producción posible.

Como ya se ha citado, en Andalucía podríamos establecer diferencias entre varios tipos de regadíos, principalmente el regadío de las zonas de interior y el de las zonas del litoral. No obstante, un estudio que permita conocer la eficiencia relativa, considerando el conjunto de inputs o entradas y de outputs o salidas, permitiría conocer donde es más rentable la aplicación del agua y detectar ineficiencias locales, al mismo tiempo, sería de gran utilidad para la identificación de los tipos de regadíos existentes.

Para realizar esta ordenación o clasificación de eficiencias, se propone el uso de una metodología de estudio de envolvente de datos mediante fronteras no paramétricas: Data Envelopment Analysis (DEA). Conociendo una serie de inputs y outputs de cada zona regable, las técnicas DEA nos permiten conocer cual es la eficiencia relativa de cada zona regable, y saber cual sería su situación óptima, indicando numéricamente hacia donde deben dirigir los esfuerzos en actuaciones futuras.

El análisis de los regadíos mediante fronteras de producción permitirá comparar zonas regables de muy diversa índole (diferentes cultivos, diferentes sistemas de riego o

incluso diferente manejo) y conocer la eficiencia relativa de cada zona regable con respecto al resto.

El principal objetivo, en este caso, del estudio de la clasificación de eficiencias será el de localizar los principales tipos de regadíos andaluces, lo cual será el primer paso para la selección de las zonas regables a estudiar mediante indicadores de gestión y su comparación mediante técnicas de benchmarking.

Hasta la fecha DEA ha sido aplicado a una gran y muy variada cantidad de sectores, como ejemplos de dichas aplicaciones se podrían citar el estudio de la eficiencia de los bancos norteamericanos que operan internacionalmente (Haslem *et al.*, 1999), eficiencia en gestión de plantas eléctricas (Athanassopoulos *et al.*, 1999) o incluso para la gestión sostenible de caladeros de pesca (Färe *et al.*, 2000). Por el contrario, las aplicaciones en el sector agrícola son bastante más difíciles de encontrar, aunque ya se pueden citar algunos trabajos, como el estudio de la eficiencia en la producción de leche en la provincia de Córdoba (España) realizado por Pardo *et al.* (2001) y el mismo estudio, pero esta vez centrado en las explotaciones lecheras argentinas, realizado por Arzubi y Berbel (2001), centrándose en la producción agrícola propiamente dicha cabría citar el trabajo de Hussain *et al.* (2000), en donde estudia la eficiencia en la producción de trigo en regadío en la Cuenca Baja de la India, el análisis de la eficiencia de la horticultura de Omán de Zaibet y Dharmapala (1999), el análisis de la eficiencia en la producción de hortícolas en Navarra de Iráizoz *et al.* (2003) y el realizado por Vicario *et al.* (2001), que aplicando DEA estudian la eficiencia de las explotaciones agrarias localizadas en la comarca del Alto Guadalquivir, en la provincia de Córdoba (España). En gestión de recursos hídricos las técnicas DEA han sido aplicadas a empresas suministradoras de agua potable en el Reino Unido, en donde se deben destacar los trabajos de Cubbin *et al.* (1998) y Thanassoulis (2000a y 2000b), y al análisis de los regadíos de Andalucía, realizado por Rodríguez *et al.* (2002, 2003a y 2003b).

3.2. EL REGADÍO EN ANDALUCÍA

3.2.1. Bases de datos utilizadas

Los datos considerados en este trabajo son los publicados en el Inventario de Regadíos desarrollado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (1999). En dichas bases de datos, la superficie de regadío se agrupa en áreas de riego, cuya delimitación prácticamente coincide con las comarcas en las que se divide la totalidad de la superficie andaluza. Cada área de riego representa a un conjunto homogéneo de zonas regables, tanto por prácticas de manejo del riego como por su climatología. De acuerdo con esto, las 815000 ha de superficie de regadío se organizan en 156 áreas de riego. Tanto la superficie de regadío como la organización de esta en las distintas áreas de riego, se muestran en la Figura 3.1

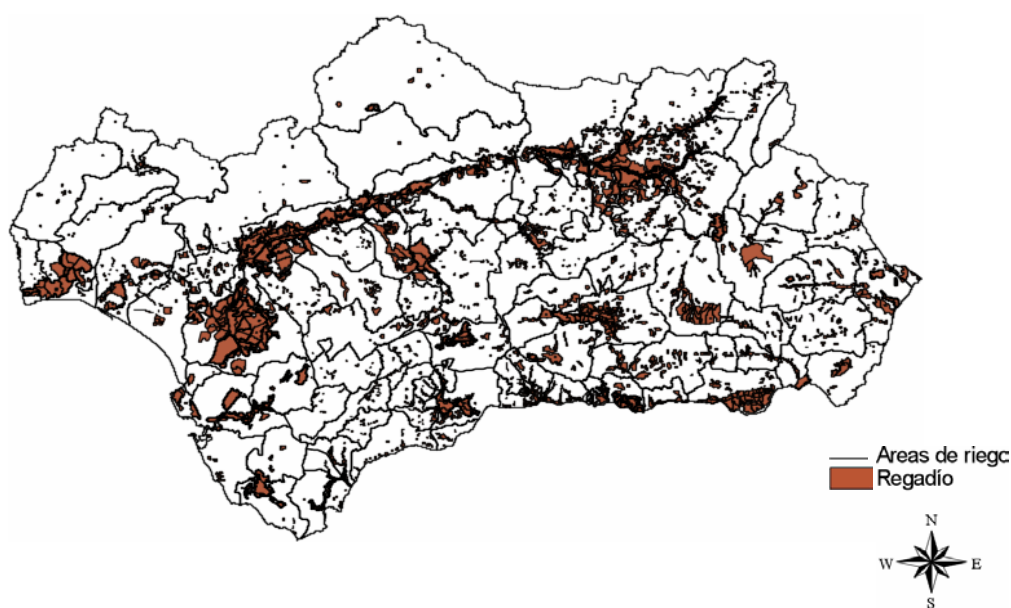


Figura 3.1. Distribución de la superficie de regadío en las distintas áreas de riego

3.2.2. Variabilidad climática

Dentro de los regadíos de Andalucía, como ya se ha citado, existe una gran heterogeneidad, pese a esto, es posible dividir la superficie regada en dos grandes grupos, con condiciones climáticas y modos de riego asociado también diferentes:

- Una agricultura de la zona de interior, con predominio del clima tipo G (Gossypium cálido) según la clasificación climática de tipos de verano de Papadakis. En esta zona predominan especialmente el cultivo de olivar y cultivos extensivos como pueden ser el trigo, girasol, algodón, remolacha y maíz, aunque se observa una cierta tendencia al aumento de la superficie dedicada a la siembra de cultivos hortícolas al aire libre. Los regadíos de dichas zonas suelen tener un bajo grado de tecnificación, pudiéndose encontrar incluso que algunas aún siguen usando acequias árabes con varios cientos de años de antigüedad, pese a esto, en muchas de estas zonas se está evolucionando a un mejor uso del agua de riego mediante el aumento de la superficie regada por aspersión y riego localizado. La mayor parte del agua es de origen superficial, proveniente de embalses o directamente de ríos, predominando la iniciativa pública.
- En la cara opuesta encontramos la agricultura de la zona del litoral, zonas en donde el clima se va a corresponder con los tipos O (Oryza) y g (Gossypium menos cálido), en la clasificación de tipos de verano de Papadakis. La zona del litoral, aprovechando el clima más suave, se ha especializado en cultivos de gran valor económico, como la fresa en el litoral occidental o atlántico, o en todo tipo de hortícolas en las grandes zonas de invernaderos de Almería. La bondad del clima, permite que las cosechas se adelanten con respecto al resto de Europa y esto, unido a la explotación de nuevos canales de comercialización de alto poder adquisitivo, ha propiciado que sean zonas de alta rentabilidad. En los regadíos de estas áreas predomina un alto grado de tecnificación, con predominio casi absoluto del riego

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

localizado, e influyen positivamente en otros factores globales como en la creación de empleo o el aumento en el rendimiento por unidad de superficie.

3.2.3. Sistemas de riego

El riego por superficie, con un 45 % sobre la superficie total es el sistema de riego más usado en los regadíos de Andalucía. Este método es el que presenta unas eficiencias en la aplicación del agua más bajas y en varias zonas regables es prácticamente el único método de riego disponible. Las zonas regadas únicamente mediante riego por superficie suelen ser o regadíos antiguos o pertenecientes a zonas de sierra, con escasa infraestructura hidráulica.

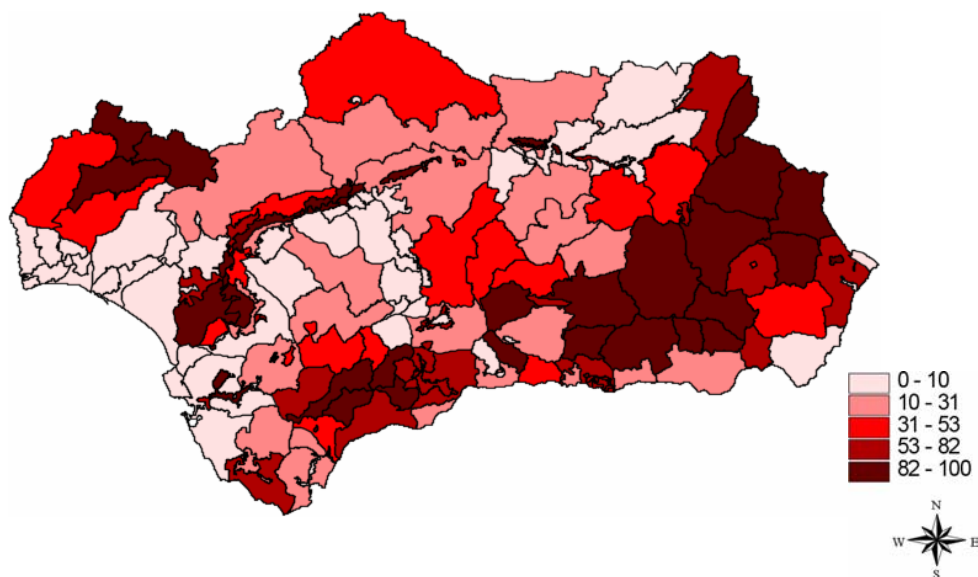


Figura 3.2. Porcentaje de riego por superficie

En la Figura 3.2 se muestra el porcentaje de la superficie regada mediante riego por superficie, respecto de la superficie puesta en riego en cada una de las áreas de riego. De este modo se puede ver como el riego por superficie es mayoritario en Granada y Norte de Almería. En la cuenca del Guadalquivir, también predomina de forma absoluta en regadíos tradicionales, como es el caso del Guadalquivir o

Bembézar (margen izquierda y margen derecha) y, por otros motivos, también es el único existente en los regadíos del cultivo del arroz en el bajo Guadalquivir.

El segundo en importancia con un 37 % de la superficie es el riego localizado, un sistema que hablando en términos de eficiencia en el uso del agua es el mejor. El porcentaje de superficie, respecto del total, regada mediante este sistema en cada área de riego se muestra en la Figura 3.3.

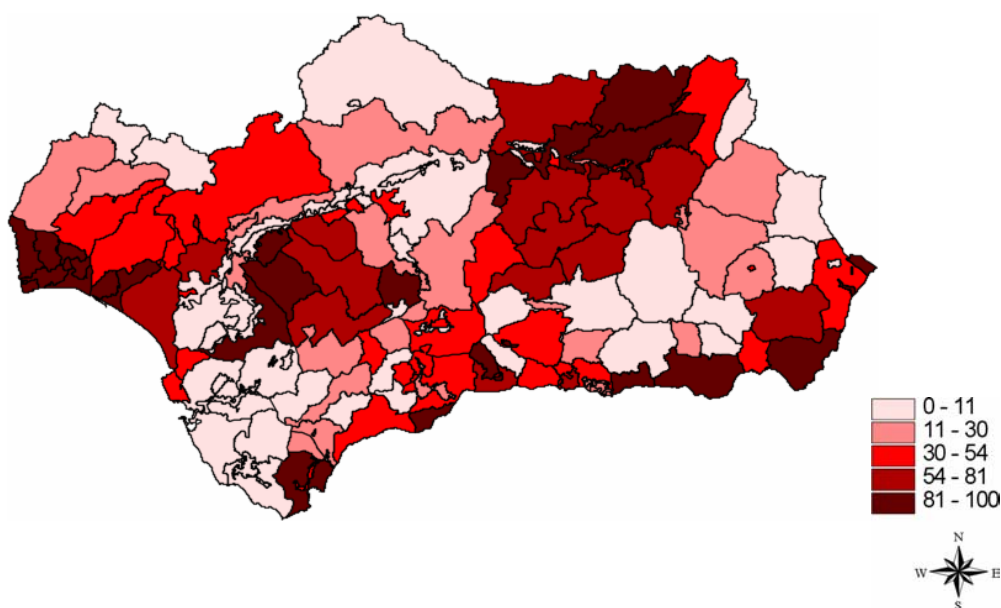


Figura 3.3. Porcentaje de superficie regada mediante riego localizado

El riego localizado es mayoritario en las zonas de producción de cultivos de mayor valor económico, como es el caso del Campo de Níjar y del Poniente almerienses, o en las zonas del cultivo de la fresa en Huelva. Aunque también presenta unos altos porcentajes en los regadíos del olivar de Jaén. Por tanto, en los regadíos más tecnificados de Andalucía, el riego localizado es frecuente, siendo además un método con una clara tendencia al alza.

El sistema menos extendido es el riego por aspersión, el cual ocupa una superficie del 17 %. El porcentaje de superficie regada en cada área de riego mediante aspersión se muestra en la Figura 3.4. El riego por aspersión se encuentra casi

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

únicamente en Andalucía Occidental, siendo frecuente en provincias como Córdoba y Cádiz.

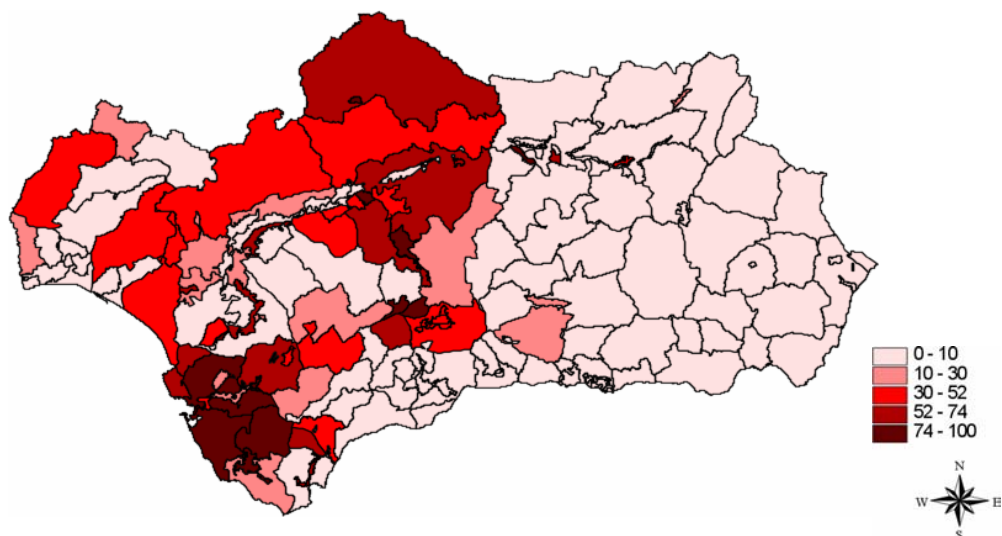


Figura 3.4. Porcentaje de superficie regada por aspersión

La actualización del inventario regadíos, realizada recientemente, (Consejería de Agricultura y Pesca, 2002) muestra que estos porcentajes han variado en los últimos años, representando en la actualidad el riego localizado el 41,2 % de la superficie regada, el riego por gravedad el 40,1 % y por aspersión el 18,69 %.

3.2.4. Distribución de cultivos

La variedad climática existente, hace que la distribución de cultivos en Andalucía sea heterogénea. Como puede observarse en la Figura 3.5, los cultivos extensivos (cereales de invierno y de verano, algodón y girasol) se concentran en la zona interior de Andalucía Occidental, principalmente en las provincias de Córdoba y Sevilla. Comparando esta distribución con la Figura 3.4, puede comprobarse que en la mayor parte de las zonas en las que predomina el cultivo de extensivos, suele predominar el riego por aspersión.

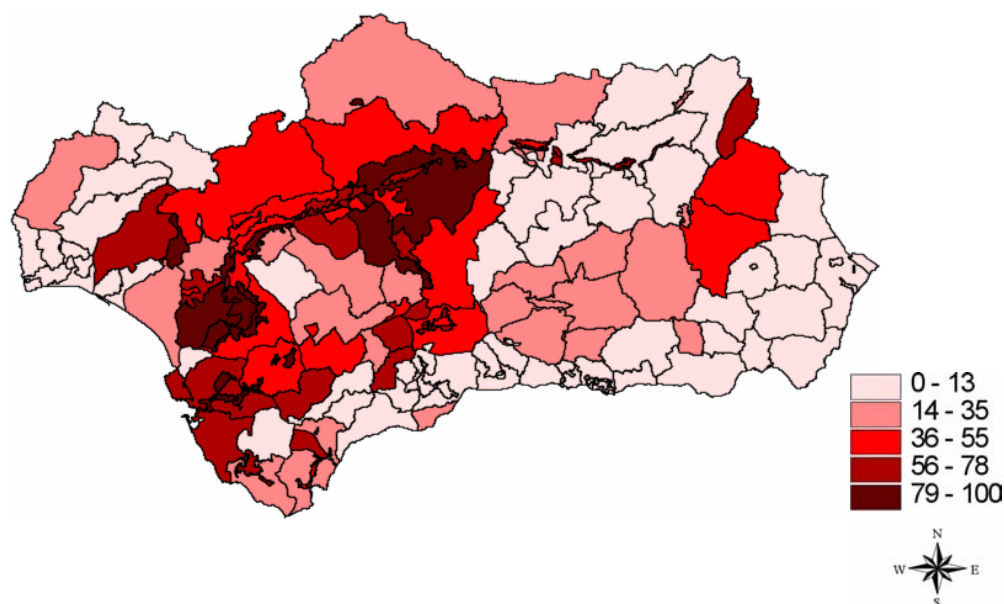


Figura 3.5. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos extensivos

El otro importante grupo de cultivos de la zona interior, lo constituyen los cultivos leñosos (olivar, cítricos, frutales subtropicales y resto de frutales). La distribución de la superficie ocupada por cultivos leñosos se muestra en la Figura 3.6.

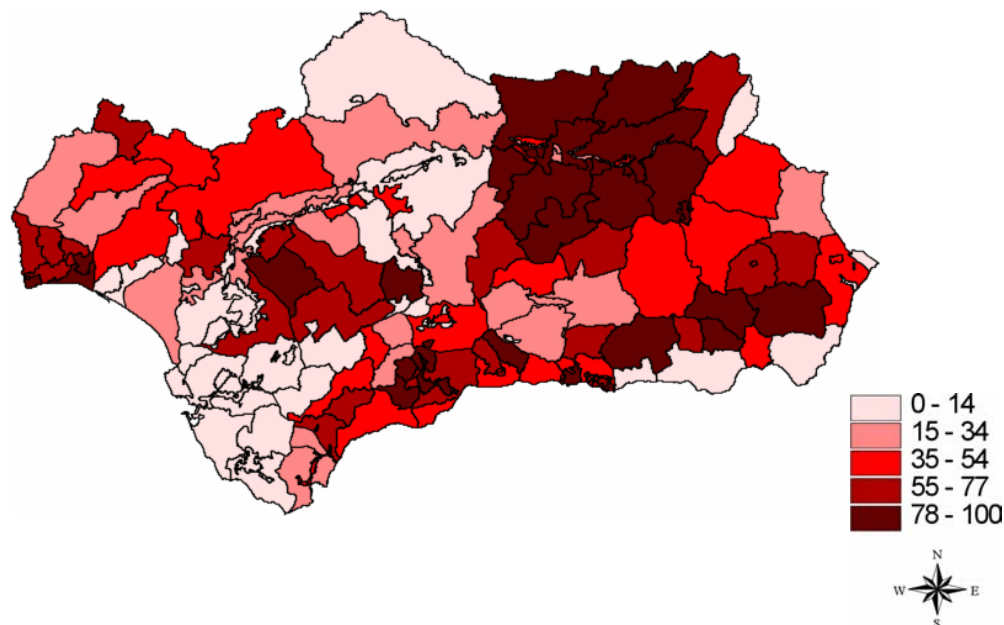


Figura 3.6. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos leñosos

En la zona interior, el cultivo leñoso predominante es el olivar, principalmente en la provincia de Jaén, en donde puede hablarse prácticamente de monocultivo. El

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

olivar es el cultivo leñoso más representativo de Andalucía, ocupando el 28 % de la superficie total de regadío.

Al desplazarse hacia las zonas del litoral, el olivar es sustituido por frutales subtropicales, cítricos y resto de frutales. Los frutales subtropicales ocupan un 13 % de la superficie cultivada en Málaga, siendo esta la provincia en la que estos cultivos ocupan una mayor superficie. Respecto a los cítricos, son de gran importancia en Málaga con un 33 % de su superficie y en Huelva con un 36 %. Las provincias en las que el resto de los frutales van a cobrar mayor importancia son Granada y Almería, en las que el porcentaje de la superficie de cultivo dedicada a la producción del resto de los frutales asciende a un 13 % y a un 10 % respectivamente.

Las hortalizas al aire libre, se encuentran distribuidas por toda la superficie de Andalucía. El porcentaje de superficie ocupada por los hortícolas al aire libre se muestra en la Figura 3.7.

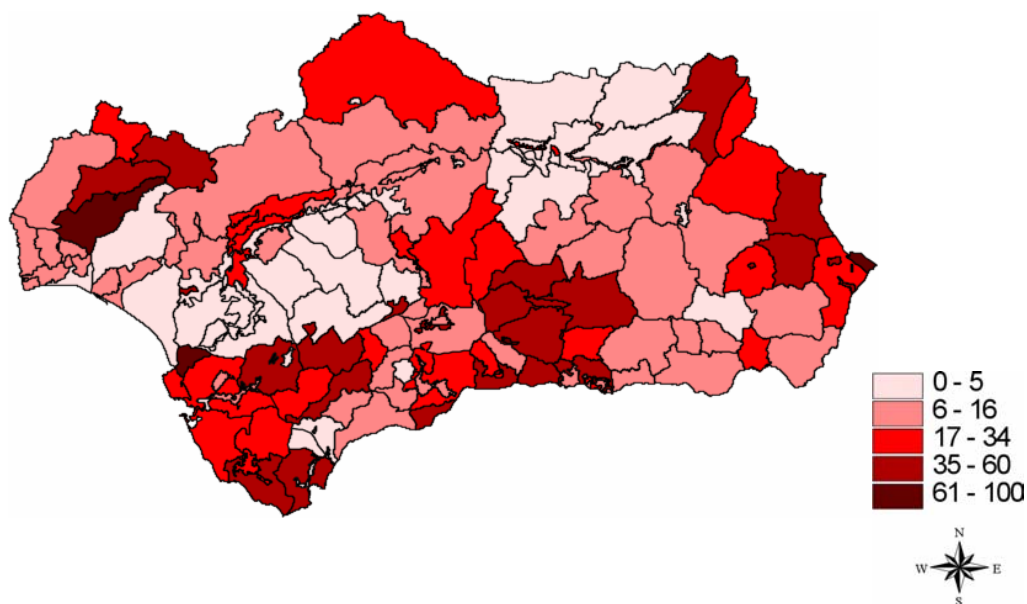


Figura 3.7. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos de hortalizas al aire libre

Las hortalizas se distribuyen por toda la superficie Andaluza, existiendo zonas de interior como Córdoba en donde llegan a representar el 12 % de la superficie cultivada en regadío, aunque estos valores aumentan al desplazarse hacia las provincias

del litoral, como Almería con un 24 % de su superficie o Granada y Málaga con un 23 %.

Más localizado se encuentran los hortícolas bajo invernaderos, siendo prácticamente el único sistema existente en áreas como Poniente o Campo de Níjar en Almería. Fuera de la provincia de Almería, solo existe en zonas de la costa de Cádiz (Costa Noroeste o Bahía de Algeciras) y Sur de Granada. Dicha distribución se muestra en la Figura 3.8.

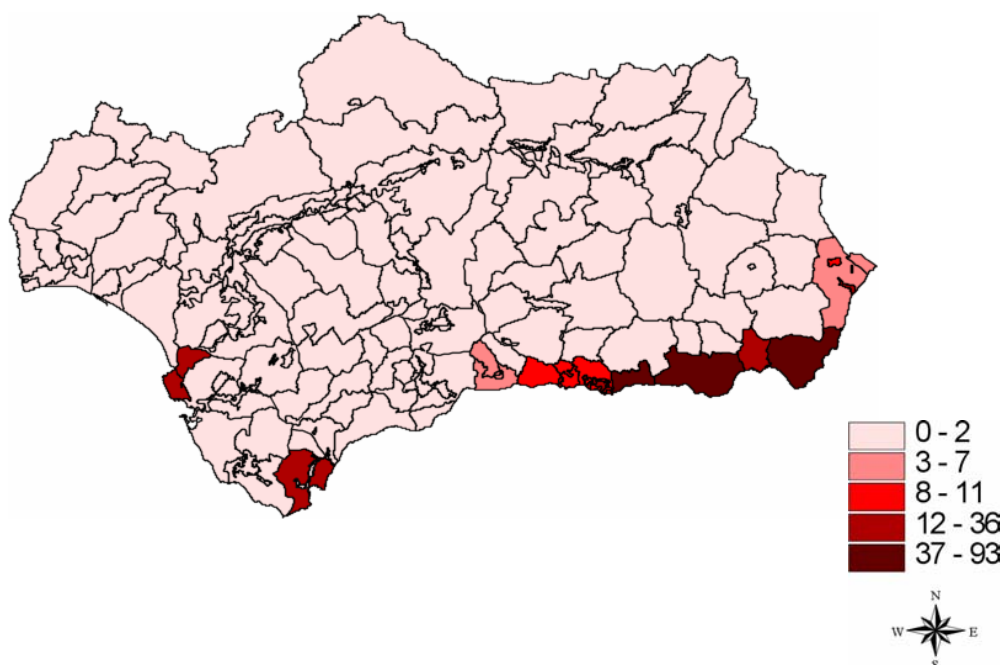


Figura 3.8. Porcentaje de superficie ocupada por cultivos bajo invernadero

Por último, citar otro importante grupo como es el del cultivo de la fresa. Como puede verse en la Figura 3.9, se encuentra únicamente localizado en el litoral de Huelva, siendo en áreas de riego como Palos-Moguer o Condado Litoral, el cultivo predominante.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

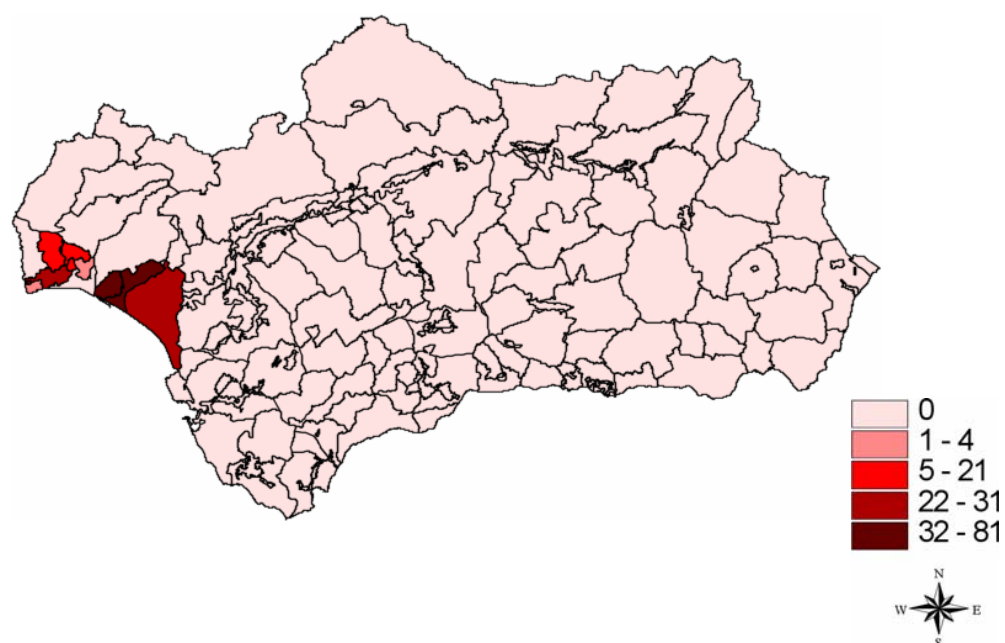


Figura 3.9. Porcentaje de superficie ocupada por el cultivo de la fresa

3.2.5. Superficies, consumos de agua y productividades

A modo de resumen, la Tabla 3.1 muestra el porcentaje de la superficie regada en Andalucía ocupada por cada uno de los grupos de cultivos anteriormente expuestos.

Tabla 3.1. Superficie ocupada por cada uno de los grupos de cultivos

Grupo	% respecto a la superficie total
Cultivos leñosos	41
Cultivos extensivos	39
Hortícolas al aire libre	13
Invernaderos	4
Fresa	1
Otros	2

Valores que difieren sensiblemente si hablamos en términos de productividad, como puede verse en la Tabla 3.2.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 3.2. Productividad de cada uno de los bloques de cultivos (1999)

Grupo	Productividad (Millones de €)	Productividad (%)
Cultivos leñosos	957,9	25,3
Cultivos extensivos	383,9	10,1
Hortícolas al aire libre	866,6	22,9
Invernaderos	1155,6	30,5
Fresa	380,2	10,0
Otros	40,9	1,1

De la comparación entre la superficie ocupada por cada uno de los grupos y su productividad, puede verse que no va a existir una relación entre superficies y valor de las producciones. Siendo el caso más representativo el de los invernaderos, que empleando el 4 % de la superficie puesta en riego, van a generar el 30,5 % del valor de la producción total agrícola.

En la Tabla 3.3 se relacionan los consumos estimados de agua con la superficie ocupada por cada uno de los tipos de cultivos y la productividad en millones de euros que se obtendría por cada m³ empleado. La rentabilidad que se obtendría por cada m³, aplicada en el cultivo de la fresa o en los invernaderos, es hasta 20 veces superior a la aplicada en los cultivos extensivos.

Tabla 3.3. Consumos de agua de cada grupo de cultivos

Grupo	ha	m ³ /ha	hm ³	M€/hm ³
Cultivos leñosos	338094	3528	1193	0.80
Cultivos extensivos	319717	5690	1819	0.21
Hortícolas al aire libre	104687	5169	541	1.60
Invernaderos	30276	6229	189	6.13
Fresa	9091	4880	44	8.57
Otros	18309	5447	100	0.41

Por tanto, los regadíos presentan características muy distintas, en términos de productividad económica, según el cultivo que se utilice. Y tratando el bien escaso que es el agua, estas diferencias van a ser muy acusadas, obteniéndose una gran diferencia en las productividades que se obtendrían por ese m³ de agua, al utilizarse en un sitio o en otro.

3.2.6. Antigüedad de los regadíos

Además de los sistemas de riego utilizados y de los tipos de cultivo, otro factor a considerar debe ser el de la antigüedad de los regadíos. En la Figura 3.10, se muestra la antigüedad, en años, de los regadíos andaluces.

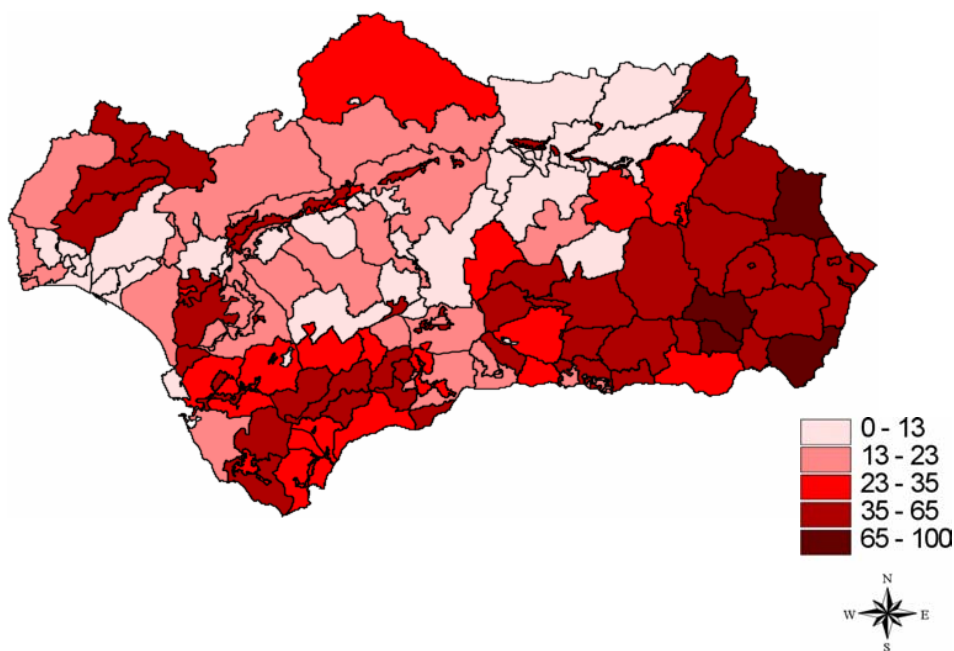


Figura 3.10. Antigüedad (en años) de las áreas de riego

Los regadíos de las zonas de interior suelen ser más modernos, aunque existen casos como los de las proximidades del río Guadalquivir, en los que la antigüedad es de las mayores de Andalucía, riegos que suelen ser por gravedad y poco tecnificados.

Como regla casi general, los regadíos del sudeste son los más antiguos y por tanto, son las zonas en las que va a existir una mayor tradición en el regadío. La antigüedad de un área de riego no implica que los sistemas de riego que emplea sean antiguos, como ejemplo puede citarse el caso de las zonas de cultivo bajo invernadero de Almería, en las que predomina un alto grado de tecnificación en los sistemas de riego empleados pese a ser áreas de riego antiguas.

3.2.7. Necesidad de un estudio de eficiencia

En el presente capítulo, se ha puesto de manifiesto la gran heterogeneidad existente en el regadío andaluz. Variabilidad debida a distintos parámetros, como pueden ser el tipo de cultivo, el clima, la antigüedad de los regadíos, el sistema de riego predominante o incluso el manejo que de estos sistemas hacen los propios regantes.

No obstante, esos regadíos compiten por un recurso escaso que es el agua y aunque comparar tipos de regadíos tan distintos no es una tarea fácil, es necesario el desarrollo de una metodología que permita la comparación de unos tipos de regadío con otros, considerando el conjunto como un proceso de producción, en el que se emplean una serie de entradas o inputs, para obtener una serie de salidas u outputs. Esta metodología permitiría determinar donde el agua es más productiva o donde este recurso genera más riqueza, además de detectar qué zonas presentan un mayor potencial de crecimiento con vistas a posibles actuaciones gubernamentales.

Para realizar este estudio de eficiencias, en este trabajo se recurre a las técnicas DEA (Data Envelopment Analysis). Una metodología que mediante el uso de fronteras de producción no paramétricas permite estudiar la eficiencia relativa de cada área de riego con respecto al resto, indicando que factores son los que contribuyen mayormente a esa alta o baja eficiencia.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. La eficiencia como un proceso global

El marco teórico para el estudio de la eficiencia fue establecido por Farrell en 1957, fue el primero en considerar la eficiencia en términos relativos y no absolutos, de forma que la eficiencia de cada unidad se mediría en relación a un grupo de unidades representativas y la eficiencia obtenida indicaría la desviación de esta unidad respecto a aquellas consideradas eficientes. Considera la eficiencia como una relación global de outputs e inputs y la producción como una interacción de los distintos factores que intervienen. La eficiencia se divide en dos partes:

- **Eficiencia técnica**, en donde se evalúa la capacidad de la empresa para obtener el máximo volumen de producción (output) con las entradas disponibles (input), siendo el denominado modelo orientado a outputs o la capacidad de mantener la misma capacidad de producción usando un mínimo de entradas, hablando entonces del modelo orientado a inputs.

- **Eficiencia asignativa**, se refiere a la capacidad de la empresa de usar los recursos en proporciones óptimas, esto implica obtener el mismo nivel de producción pero con un menor coste o en el caso contrario obtener el mayor nivel de producción posible con un mismo coste.

En este trabajo nos centraremos en los modelos orientados a inputs, debido a que en la situación actual de la agricultura en Europa, no es necesario aumentar la producción y en cambio, todos los esfuerzos deberían ir encaminados a un uso eficiente de los distintos insumos.

No fue hasta la década de los setenta cuando se desarrollaron metodologías que permitieran llevar toda esta teoría a la práctica, estas pueden dividirse en dos grupos: análisis de fronteras estocásticas (implica el uso de la econometría) y Data Envelopment Analysis (basado en la programación lineal). DEA presenta la ventaja de que no

requiere asumir una forma determinada de función de producción, como ocurre en el caso de las fronteras estocásticas además de permitir un estudio con varios outputs, pero en cambio presenta algunas limitaciones, especialmente se puede citar que no contempla el error aleatorio de los datos, que en el caso de la agricultura puede llegar a ser bastante significativo.

3.3.2. Modelo CCR

El primer modelo de DEA fue el desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes en 1978, es el denominado modelo CCR (Charnes *et al.*, 1978), en el cual se consideran retornos constantes a escala, básicamente esto indica que para una DMU u organización con capacidad para la toma de decisiones (*decision making unit*) que emplee una cantidad X de input para producir una cantidad Y de Output, la posibilidad de producir αY empleando αX cantidad de input (siendo α un escalar) es factible. Para intentar medir la eficiencia relativa de una DMU₀ basándose en una serie de n DMUs (siendo n el número total de unidades que entran en el estudio), este modelo nos propone el siguiente problema de programación lineal:

$$\text{Maximizar}_{u,v}: \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{sujeto a:} \quad & \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \\ & u_r, v_i \geq 0 \\ & j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Donde n corresponde al número de DMUs que entran en la comparación, s el número de outputs, m el número de inputs, u_r el peso que obtiene en la comparación el

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

input y_r , v_i el que obtendría el input x_i y por último y_{ij} y x_{ij} representan respectivamente los valores de los outputs e inputs y_r y x_i , para la DMU j .

En la realidad para resolver este problema se recurre a su sistema dual, el cual se muestra en el sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{minimizar}_{\theta, \lambda}: \quad & \theta \\ \text{Sujeto a:} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Donde θ representa la eficiencia técnica global (ETG) y por tanto, el porcentaje de reducción radial al que debería ser sometido cada uno de los inputs, $\lambda \geq 0$ es un vector de n elementos que representa la influencia que cada DMU tiene en la determinación de la eficiencia de la DMU₀, Y el vector de outputs de la DMU₀ en estudio y X el de inputs de esa misma DMU₀. El conjunto de DMUs cuyo valor de λ sea positivo, va a ser el conjunto de referencia de la DMU en estudio, una combinación lineal de estas unidades, formará la situación objetivo a la que debe tender para llegar a ser eficiente.

Un esquema del modelo CCR para un caso simple con 2 inputs (x_1 y x_2) y un solo output (y) se muestra en la Figura 3.11, en donde se consideran las DMUs A, B, C y D. Las DMUs C y D serían las eficientes y por tanto, marcarían la frontera de máxima eficiencia en la producción, mientras que las DMUs A y B serían las ineficientes. Para llevar el punto A hasta la frontera, bastaría con reducir el segmento OA multiplicándolo por el valor de eficiencia θ , el punto A' nos representaría la proyección de la DMU A sobre la frontera de producción eficiente y por tanto la situación objetivo. En cambio, al repetir la misma operación con la DMU B, obtendríamos que el punto B' estaría en la frontera de producción eficiente, pero estaría produciendo lo mismo que C, empleando la misma cantidad del input x_1 pero una cantidad mayor del x_2 , en este caso se diría que tenemos eficiencia técnica, pero no eficiencia mixta, el punto B, por lo tanto, tendrá una "holgura" con respecto al C.

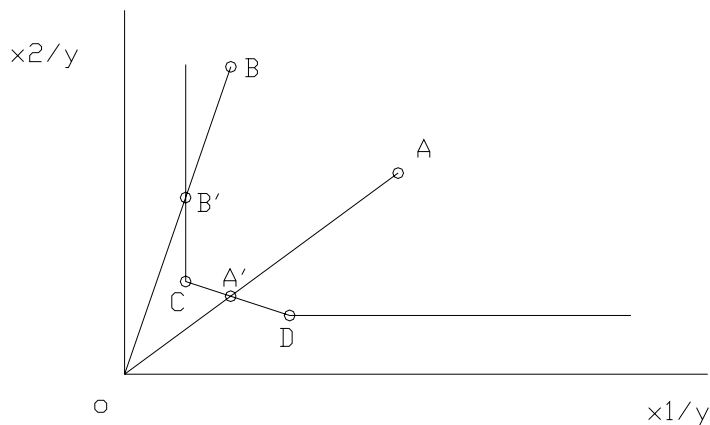


Figura 3.11. Medida de la eficiencia y holguras en Inputs (Coelli, 1996)

La determinación de estas holguras obliga a recurrir a un nuevo problema de programación lineal. Ali y Seiford (1993) proponen que la determinación de las holguras se realice en un segundo paso, cuyo objetivo sea el maximizar la suma de holguras, de esta forma y una vez conocido el valor de la eficiencia, el problema quedaría definido por la ecuación 3.3:

$$\begin{aligned}
 &\text{Maximizar}_{s,\lambda}: && \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ && (3.3) \\
 &\text{Sujeto a:} && -y_i + Y\lambda - s_r^+ = 0, \\
 & && \theta x_i - X\lambda - s_i^- = 0, \\
 & && \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

donde s^- representa la holgura inputs y s^+ la holgura en outputs.

No obstante, este segundo paso es ampliamente criticado (Coelli, 1998), debido a que el maximizar las holguras puede hacer que se identifique la situación objetivo con respecto al punto eficiente más lejano, en vez de con el más cercano, que sería la verdadera unidad de referencia. Para solucionar esto, Coelli (1998) propone el método

multi-stage, que en varios pasos trata de identificar las unidades eficientes que presenten una mezcla de inputs y outputs más similar a la DMU objetivo.

3.3.3. Modelo BCC

El modelo CCR asume que todas las DMUs operan a escala óptima, asumiendo retornos constantes a escala. No obstante, rara vez el mercado funciona de forma ideal, siempre encontraremos limitaciones financieras, mercados de competencia imperfecta, etc. que hacen que el aumentar la cantidad de inputs no produzca el mismo aumento en la cantidad de outputs obtenida. La agricultura es un claro ejemplo de lo anteriormente expuesto, no por aumentar la cantidad de agua suministrada a los cultivos vamos a obtener un aumento linealmente proporcional en el volumen de cosecha obtenida. Para intentar contabilizar este efecto en la obtención de la eficiencia, en 1984 se presentó el modelo de DEA para retornos variables a escala, desarrollado por Banker, Charnes y Cooper (BCC), este modelo permitirá calcular la eficiencia técnica pura (ETP), esto es, la eficiencia separándola de los efectos de escala (Banker *et al.*, 1984).

Numéricamente, la obtención de la eficiencia BCC es similar a la eficiencia CCR, únicamente requiere el añadir a todos los pasos del modelo de retornos constantes la restricción de que la suma de todos los valores de λ sea igual a uno. El modelo BCC va a presentar una frontera curva, va a tomar más puntos como eficientes y por tanto, va a ser más útil para determinar eficiencias locales, en ámbitos de aplicación en los que imperan una serie de restricciones que impiden ciertos valores de producción, pero que aún así, hace que una DMU, dentro de ese marco, esté trabajando de manera eficiente.

La Figura 3.12 muestra visualmente la diferencia entre el modelo CCR y el BCC para un caso simple, donde se emplea un solo input (x) para producir un único output (y).

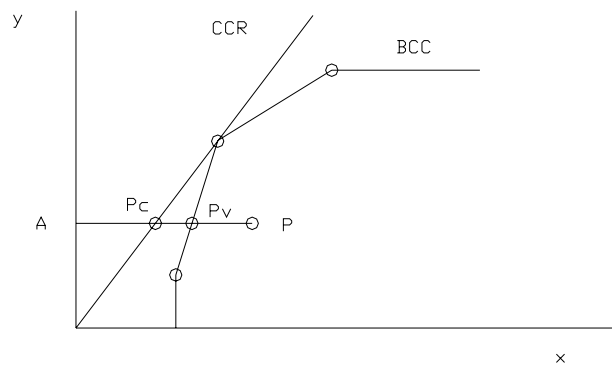


Figura 3.12. Eficiencia de escala (Coelli, 1996)

En el ejemplo de la Figura 3.12, mientras que la frontera CCR emplea un único punto, por lo que sólo una DMU es eficiente, el modelo BCC ofrece tres soluciones eficientes, que van a definir la curva de producción óptima, pero adaptándose mejor a las condiciones reales del mercado, por tanto, se puede afirmar que el modelo de retornos variables va a envolver más datos y de aquí se deduce que la eficiencia técnica pura siempre va a ser menor o igual que la eficiencia técnica global. Esta misma figura muestra que el valor de la eficiencia técnica global sería:

$$ETG = \frac{AP_c}{AP} \quad (3.4)$$

El de la eficiencia técnica pura vendría dado por la ecuación:

$$ETP = \frac{AP_v}{AP} \quad (3.5)$$

Y la eficiencia de escala (SE), que nos va a indicar numéricamente como de cercana se encuentra la DMU₀ a la situación de producción a retornos constantes, será el cociente entre las dos eficiencias:

$$SE = \frac{ETP}{ETG} \quad (3.6)$$

3.3.4. Situación objetivo

Una vez tenemos los valores de eficiencia (ya sea a retornos constantes o variables) y de holguras de cada uno de los inputs y outputs, obtener numéricamente cual debe ser la cantidad de inputs y de outputs para el caso de DEA orientado a inputs es bastante simple. Si x_o e y_o representan la cantidad de cada input y de cada output que está produciendo actualmente la DMU_o , los valores objetivo a los que debería tender la gestión de dicha unidad para llegar a ser eficiente vendrían dados por la ecuación 3.7.

$$\begin{aligned} x &= \theta \cdot x_o - s^- \\ y &= y_o + s^+ \end{aligned} \quad (3.7)$$

3.3.5. Test de Wilcoxon- Mann- Whitney

Tras todo esto, ya estaríamos en condiciones de definir perfectamente qué unidades son eficientes y cuales no, cual es la unidad de referencia a la que deberían tender las ineficientes, cuales de ellas presentan retornos constantes o variables a escala, las que presentan alguna ineficiencia de holgura y la situación objetivo a la que deberían tender cada una de las DMUs ineficientes. Un problema que podemos encontrar a veces es que los datos que disponemos son demasiado heterogéneos, y por tanto, estamos comparando DMUs muy diferentes y las eficiencias obtenidas no son todo lo representativas que deberían ser. Para intentar estudiar si dos grupos presentan diferencias significativas, desde un punto de vista estadístico, se usa el test desarrollado por Wilcoxon- Mann- Whitney (referido por Cooper *et al.*, 2000).

Si tenemos dos grupos de DMUs, A y B, con m y n unidades cada uno de ellos, para aplicar el mencionado test estadístico bastaría unirlos en un grupo $C(=A \cup B)$, aplicar el modelo DEA seleccionado a todo el conjunto, realizar una ordenación con las

posiciones obtenidas, ordenándolos de mayor a menor eficiencia, sumando las posiciones en dicho *ranking* de todos los elementos que forman el grupo B, obtendríamos el valor S, que llevado al estadístico indicado en la ecuación 3.8 permite conocer T, valor que se compara con los percentiles de la distribución normal para el nivel de significación deseado. El estadístico de Wilcoxon- Mann- Whitney, viene dado por la expresión:

$$T = \frac{S - m(m+n+1)/2}{\sqrt{mn(m+n+1)/12}} \quad (3.8)$$

En donde se rechazará la hipótesis de que los dos grupos pertenecen a la misma población para un nivel de significación α , si $T \leq -T_{\alpha/2}$ o $T \geq T_{\alpha/2}$, correspondiendo $T_{\alpha/2}$ al percentil $\alpha/2$ de la distribución normal estándar.

3.3.6. Aplicación de las técnicas DEA al estudio de los regadíos

Aunque para nosotros el principal objetivo es el uso eficiente del agua de riego, este factor, el agua, no puede ser tratado como algo aislado, sino como un integrante de un proceso de producción en el que van a intervenir varios elementos. Naturalmente, evaluar en agricultura todos los inputs y los diversos outputs que se utilizan y que se van a obtener durante la campaña agrícola sería algo imposible. En este caso se considera que una forma aproximada de caracterizar el proceso, es considerar como salida el valor total de la producción agrícola (€) y como entradas, tres factores como son la superficie puesta en riego (ha), la mano de obra empleada (UTA) y el volumen total de agua aplicada en el área de riego (hm^3). De esta forma se consigue caracterizar la producción de una forma muy aproximada, permitiendo distinguir entre los diversos tipos de agricultura, al considerar las entradas que más van a diferir entre unos sistemas y otros. En el presente trabajo, se estudia la eficiencia relativa de cada una de las áreas de riego en que se organiza la superficie en regadío andaluz y a partir de ahora, nos referiremos a la eficiencia obtenida por cada una de estas áreas de riego.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

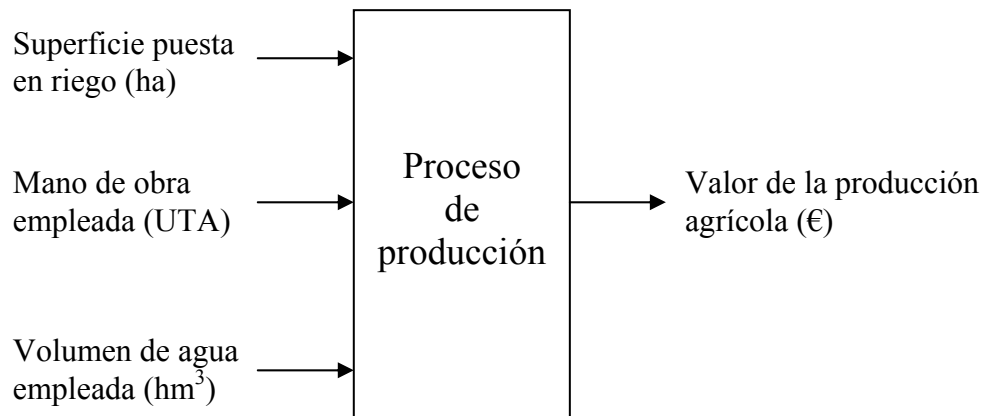


Figura 3.13. Esquema de las variables empleadas para el estudio de la eficiencia

Por los motivos expuestos en el apartado anterior, se ha considerado que el modelo DEA que mejor va a caracterizar el proceso de la producción agrícola en la realidad de Andalucía va a ser el de retornos variables (BCC) y asumiendo una orientación a Inputs.

El elevado número de optimizaciones mediante las técnicas de programación lineal que son necesarias para la resolución de cualquier problema de eficiencia mediante DEA, hacen que el uso del ordenador sea algo indispensable, existen varios programas informáticos especializados en este tipo de problemas, como muestra podrían citarse algunos de los más importantes, como son: banxia software, DEA Solver y DEAP 2.1. En este trabajo se ha usado el último de los anteriormente citados, el DEAP 2.1, un programa de libre difusión, desarrollado en FORTRAN por Coelli (1996) y que presenta la ventaja de no tener limitaciones en cuanto al número de DMUs en estudio.

3.4. RESULTADOS

3.4.1. Aplicación del modelo a la totalidad de Andalucía

En una primera aproximación al estudio de la eficiencia, se aplicó el modelo DEA a la totalidad de las áreas de riego en que se divide el regadío en Andalucía. La Figura 3.14 muestra el resultado de aplicar el modelo BCC orientado a inputs expuesto en el apartado 3.3.6, en ella se muestra como las zonas de máxima eficiencia tienden a concentrarse en el litoral oriental (costa mediterránea) y occidental (costa atlántica). Los valores de dicha eficiencia BCC para cada área de riego, así como los de los inputs y outputs que intervienen en su obtención, se muestran en el anejo 3.2.

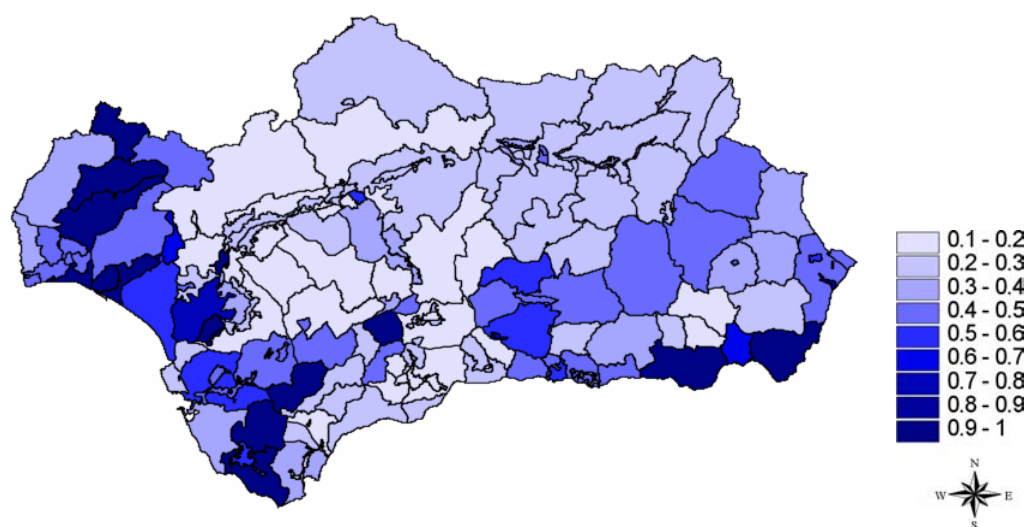


Figura 3.14. Eficiencia BCC de la totalidad de Andalucía

En las zonas de mayor eficiencia del litoral mediterráneo (oriental) predomina el cultivo bajo invernadero y en las del litoral atlántico (occidental), en las zonas eficientes, el principal cultivo es la fresa, en ambos casos se trata de cultivos de alto valor económico, pero que a su vez es también interesante remarcar que en realidad ambos son regados mediante riego localizado, y al ser una agricultura intensiva, van a

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

presentar una alta demanda de mano de obra por hectárea cultivada. Por tanto, puede decirse que las zonas de mayor eficiencia son las dedicadas a cultivos intensivos, de alto valor económico, con sistemas de riego eficientes y que presentan una elevada relación de empleo de mano de obra por unidad de superficie. En cambio, las zonas de agricultura de interior, dedicadas a cultivos extensivos y olivar, con menos demanda de mano de obra por hectárea, serían las que tendrían grandes problemas de ineficiencia, mostrando unos valores de eficiencia que oscilarían entre 0,2 y 0,4.

Basta con observar la Figura 3.14 para ver que ninguna de las zonas de interior ha conseguido un valor de alta eficiencia, debido a esto, ninguna de las áreas de riego de interior ha participado en la formación de la frontera de máxima eficiencia en la producción, esto nos lleva a pensar que estamos comparando dos zonas agrícolas totalmente distintas y las unidades que formarían la referencia de un área de riego de interior serían las situadas en el litoral, con unas condiciones climáticas y económicas diferentes, dando soluciones a las que realmente no podrían llegar las grandes áreas de cultivos extensivos. Para intentar comprobar que estadísticamente no estamos hablando de la misma población, se aplicó el test de Wilcoxon- Mann- Whitney (citado en el apartado 3.3.5), considerando dos grandes grupos: la zona del litoral y la zona interior (considerando las provincias de Jaén, Córdoba y Sevilla), de aquí se obtiene que el valor del estadístico T obtenido para la zona interior es de $-3,911$, que comparándolo con el percentil de la distribución normal para un nivel de significación del 5% ($-1,96$), lo que indica que no se trata de una población estadísticamente homogénea. En el anejo 3.3 se muestran los valores de cada uno de los parámetros que intervienen en la obtención del test de Wilcoxon- Mann- Whitney.

Los resultados del test estadístico indican que lo más correcto y de lo que se podrían obtener conclusiones más positivas, sería el dividir Andalucía en zonas relativamente homogéneas. Dentro de la gran cantidad de posibles opciones de división que podríamos tener, se opta por dividir la totalidad de la región en 3 grandes zonas, basándonos en los tres grupos que a grandes rasgos definen el regadío andaluz (Rodríguez *et al.*, 2003b):

- Zona de interior
- Litoral atlántico
- Litoral mediterráneo

En los siguientes apartados se procede a desarrollar los resultados obtenidos al aplicar DEA a estas zonas homogéneas.

3.4.2. Zona interior

En este caso se aplica el modelo únicamente a las áreas de riego situadas en el interior, considerando únicamente las provincias de Jaén, Córdoba y Sevilla. Regadíos que en su mayor parte van a estar incluidos en la cuenca del Guadalquivir. Al aplicar el modelo únicamente al conjunto de las áreas de riego situadas en el interior, se consigue un aumento en la eficiencia de prácticamente la totalidad de las áreas, debido a que en este caso, la frontera de producción eficiente pasa a ser definida por zonas de agricultura interior que van a presentar un tipo de agricultura muy similar entre ellas. De aquí se deriva que tanto los valores objetivo como las áreas de referencia son de zonas próximas, con parecido clima y, por tanto, con posibilidades de producción y económicas bastante similares, que hacen que las líneas de tendencia que deben seguir las áreas de riego ineficientes sean perfectamente factibles. En la Figura 3.15 se muestra el resultado de aplicar el modelo BCC a dicha zona, las zonas de eficiencia máxima van a estar principalmente concentradas en las áreas de riego del este, existiendo algunas eficientes en el suroeste y una franja longitudinal que atravesaría el conjunto de la zona interior, que va a coincidir con las proximidades del río Guadalquivir. Las eficiencias BCC de la zona de interior se detallan en el anejo 3.4.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

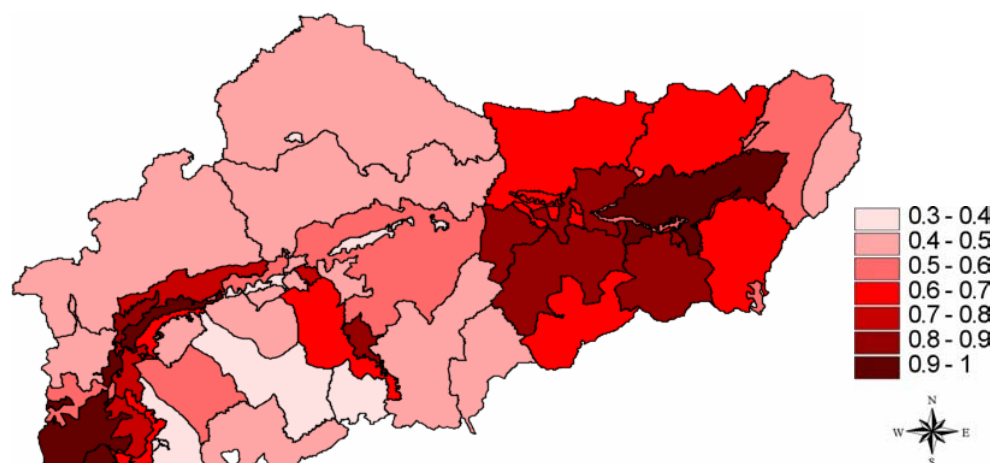


Figura 3.15. Eficiencia BCC de la zona interior

La mayor parte de las áreas de riego eficientes, se encuentran localizadas en la provincia de Jaén, en donde el cultivo predominante es el olivar, del cual podría hablarse prácticamente de monocultivo, siendo casi despreciables las superficies dedicadas a extensivos u hortícolas al aire libre. En cambio, en la zona central, generalmente de eficiencias más bajas, también vamos a encontrar el cultivo del olivar, pero en menores proporciones, existiendo unos porcentajes más elevados tanto de hortícolas y de algodón como de cereales de invierno y de verano, pero que no van a marcar una pauta clara con respecto a qué cultivos aumentan y cuales disminuyen la eficiencia. Y por último, citar las zonas eficientes del Bajo Guadalquivir, en donde va a predominar el cultivo del arroz, que pese a ser eficiente, no es un cultivo extrapolable al resto, debido a sus características y a las especiales condiciones que requiere.

Si, como puede observarse, no va a existir una relación demasiado clara entre el tipo de cultivo y el aumento de la eficiencia, debido a que en las provincias de Córdoba y de Sevilla también encontramos zonas dedicadas al olivar, pero siendo en cambio ineficientes, donde si vamos a encontrar una tendencia bastante clara que nos relacione claramente alguno de los factores con el aumento de la eficiencia es en el sistema de riego. En la provincia de Jaén, el predominio es prácticamente absoluto del riego

localizado, en cambio en el resto, este porcentaje es superado ampliamente por el riego por aspersión, además de esto, otro dato de interés es que las áreas de riego eficientes de la zona este van a ser regadíos más modernos que las de eficiencia más baja de la zona central, todo esto implica, que una modernización de regadíos hacia riego localizado, podría ser una acertada decisión, para conseguir una mejor eficiencia en el conjunto del área de riego.

Algo común en las zonas más ineficientes de la totalidad de la parte central de la zona interior, zonas con eficiencia entre 0,3 y 0,4 y que se muestran en la Figura 3.15 con un color claro, es que son regadas con sistemas de riego antiguos, por gravedad y generalmente con manejo inadecuado, lo que proporciona las bajas eficiencias. Esto nos permite afirmar que en la agricultura de interior, las palabras riego por gravedad e ineficiencia van a estar absolutamente relacionadas. Siguiendo las líneas generales de tendencias que hemos deducido de la eficiencia BCC, quedaría claro que una modernización de dichos regadíos permitiría aumentar la eficiencia y la rentabilidad de la zona.

Es destacable que las zonas de eficiencia baja en la zona suroeste son también correspondientes al cultivo del olivar, con predominio también del riego localizado, parámetros hasta ahora similares a los que encontramos en las zonas eficientes orientales. No obstante, el análisis DEA además de indicar que deberían reducir la cantidad de agua total aplicada, indica que para los niveles de producción que se obtienen actualmente, habría que reducir drásticamente las superficies puestas en riego y la mano de obra empleada, y a esa área reducida que quedaría aplicarle cada campaña una lámina de riego superior a la actual. Por tanto, en estos casos la mejora debería encaminarse a una mejora global, quizás hacia una agricultura más tecnificada, con marcos de siembra más pequeños y empleando menos mano de obra por hectárea. Este ejemplo es claramente explicativo de que la agricultura va a ser un proceso global, en el que todos los factores van a tener su importancia.

3.4.3. Litoral atlántico

En la zona del litoral atlántico, se han considerado las áreas de riego de Huelva y de Cádiz. En la Figura 3.16 se muestran los resultados de la aplicación del modelo BCC orientado a inputs para la zona del litoral atlántico, las áreas de mayor eficiencia, como era previsible, han resultado ser las del litoral de Huelva, zonas en las que predomina el cultivo de la fresa, altamente rentable, regado mediante riego localizado (anejo 3.5). Pese a esto, es destacable el litoral atlántico obtiene una eficiencia media bastante alta, presentando menos problemas de heterogeneidad en cuanto a términos de eficiencia se refiere que las otras dos zonas estudiadas.

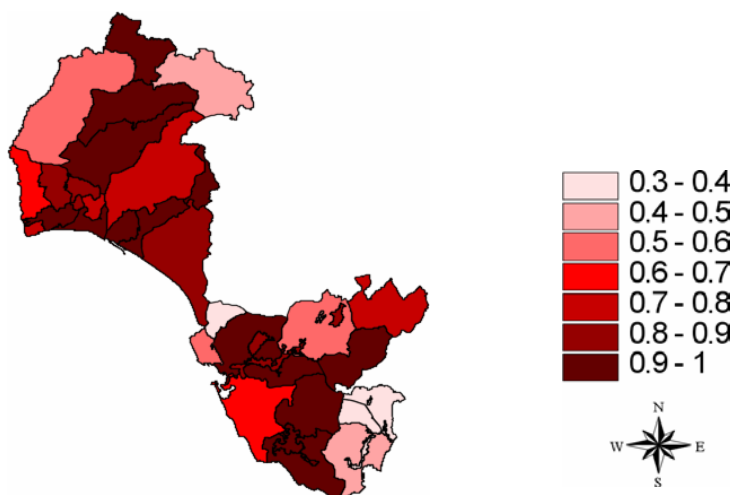


Figura 3.16. Eficiencia BCC del litoral atlántico

En este caso, también vamos a encontrar una gran variedad en cuanto a los porcentajes con los que se va a usar cada uno de los sistemas de riego en todas las áreas de riego en estudio, en el litoral occidental el predominio es casi absoluto del riego localizado, conforme nos desplazamos hacia el este, siguiendo el litoral, encontramos que el riego por aspersión se va haciendo predominante, hasta hacerse claramente mayoritario. El riego por gravedad también está presente, es el que va a imperar en las zonas interiores del Noroeste.

Otros datos importantes relativos al sistema de riego, pueden ser el que los riegos costeros son más modernos que los de interior y, por otro lado, el agua usada para riego en la zona interior es de origen superficial, mientras que en las zonas de litoral es de origen subterráneo.

En cuanto a tipos de cultivo se refiere, ya se ha citado que la alta eficiencia del litoral occidental se debe al rentable cultivo de la fresa, en cambio en el litoral oriental, se encuentra una combinación de hortícolas al aire libre y de extensivos, tanto de invierno como de verano, esto nos lleva a pensar, que este tipo de cultivos, regados por aspersión, no tienen por qué ser ineficientes, como parecía deducirse del apartado anterior en el que se estudiaba la Andalucía interior. Además de todo esto, se podría citar otro tipo de agricultura en el litoral atlántico, la de las zonas de interior del noroeste, que como se puede apreciar en la Figura 3.16, también presentan unas eficiencias BCC elevadas, en ellas, como ya se ha citado, el sistema de riego predominante es el riego por gravedad, son zonas relativamente antiguas con unas combinaciones de cultivos diferentes a las vistas hasta ahora, en distintas proporciones, todas las áreas de riego de dicha zona van a presentar altos porcentajes de leñosos, frutales, cítricos y de cultivos hortícolas al aire libre.

El estudio del litoral atlántico demuestra que no por poseer un determinado sistema de riego se consiguen eficiencias elevadas, como parecía deducirse del estudio de la Andalucía interior. Las áreas de riego que poseen sistemas de riego antiguos, tanto de gravedad como de aspersión, obtienen unos valores de eficiencia elevados, quizás no tanto como en las zonas del litoral con riego localizado, pero más que aceptables. El tipo de cultivo si parece estar ligado a este aumento global de la eficiencia, las mejores áreas han sido las dedicadas al cultivo de la fresa, pero el resto también ha cultivado en proporciones relativamente elevadas, un tipo de cultivos que van a presentar un alto valor económico, como los frutales, cítricos y hortalizas al aire libre. Tras lo anteriormente expuesto, todo indica que cultivos de un valor no demasiado elevado, si usan cantidades óptimas de inputs, pueden ser también eficientes.

3.4.4. Litoral mediterráneo

Por último, citaremos la aplicación del algoritmo DEA al litoral mediterráneo, en donde se encuentran las áreas de riego que consiguieron la mayor eficiencia en el estudio global de la totalidad de Andalucía, debido a la gran cantidad de zonas de invernadero que se encuentran en la zona del litoral. En la Figura 3.17 puede observarse la distribución de eficiencias BCC obtenidas en el litoral mediterráneo, en donde el litoral sureste ha obtenido la mejor puntuación, los resultados de la zona noreste han sido relativamente elevados, mientras que el oeste y la franja situada justamente entre el litoral sureste y el noreste obtienen los peores resultados. La eficiencia de cada área de riego se muestran, con más detalle, en el anejo 3.6.

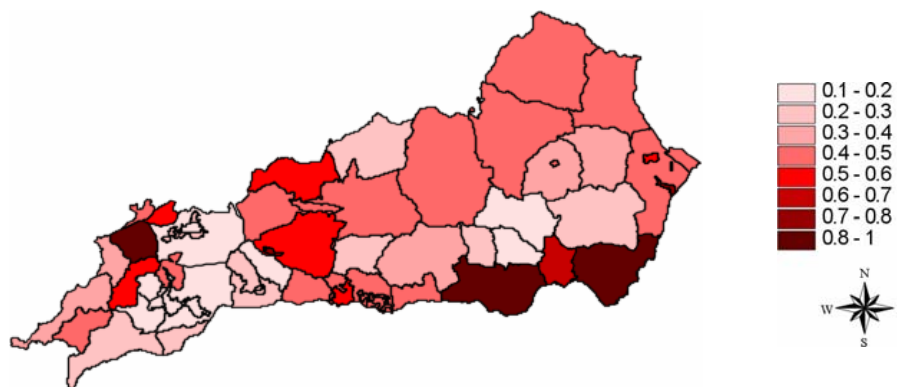


Figura 3.17. Eficiencia BCC del litoral mediterráneo

Como se ha citado anteriormente, las zonas de máxima eficiencia corresponden al cultivo en invernaderos, con riego localizado y alto nivel de producción por hectárea, mientras que los más bajos, salvo algunas excepciones, van a corresponder a riegos por superficie de cultivos leñosos, observándose también que la proporción de cultivos hortícolas al aire libre van a tener una especial importancia en cuanto a la mejora en eficiencia se refiere.

Del litoral mediterráneo, pese a poseer las áreas de riego más eficientes, se podría también destacar que es la zona más deficitaria en cuanto a agua se refiere, las áreas de riego más eficientes tienen todas en común que presentan serios problemas de disponibilidad de agua, procediendo esta casi en su totalidad de recursos subterráneos,

estando los sistemas de acuíferos en un serio grado de sobreexplotación, mostrando claros indicios de intrusión marina.

Del estudio del litoral mediterráneo, la principal consecuencia es que se va a observar un gran contraste en cuanto a términos de eficiencia se refiere, junto a zonas de alta eficiencia vamos a encontrar zonas con eficiencia que ronda el valor 0,2, estas zonas al estar tan próximas poseen un clima similar, por lo que las posibles inversiones hacia la mejora de regadíos y cultivos de invernadero, serían altamente rentables. También es necesario destacar, que la parte occidental del litoral mediterráneo presenta unas condiciones ideales para una mejora global en términos de eficiencia, aunque la actual especialización de dicha zona en la captación del turismo, hacen que no sea *a priori* factible esa mejora en un corto período de tiempo.

3.4.5. Eficiencias medias de cada provincia

La Tabla 3.4 muestra los valores medios de las eficiencias calculadas por provincias. Se indican las medias obtenidas del estudio de la eficiencia global, considerando Andalucía, y los valores medios de los estudios particulares según su localización, en donde cada provincia puede pertenecer a la zona de interior, al litoral atlántico o al litoral mediterráneo.

Tabla 3.4. Valores medios de la eficiencia BCC según provincias

Provincia	Global	Interior	Mediterráneo	Atlántico
Almería	0,55		0,55	
Cádiz	0,50			0,69
Córdoba	0,34	0,55		
Granada	0,52		0,54	
Huelva	0,68			0,86
Jaén	0,36	0,71		
Málaga	0,34		0,38	
Sevilla	0,40	0,68		

En el estudio global, la media de eficiencias más alta se encuentra en Huelva, con un valor bastante superior al que ofrece la provincia de Almería, en donde pese a

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

encontrarse las áreas de riego más eficientes, como es el caso del Poniente y del Campo de Níjar, las áreas ineficientes del norte de la provincia, hacen que se produzca un importante descenso en el valor de la eficiencia media.

Las eficiencias más bajas en el estudio global corresponden a las provincias con agricultura de interior. Aunque es algo previsible, teniendo en cuenta que se están comparando dos tipos de agricultura y de manejo del riego totalmente distintos y que las áreas de riego de las provincias de interior no han intervenido en la formación de la frontera de producción.

Más conclusiones pueden obtenerse de los estudios particularizados para zonas relativamente homogéneas. En el caso de las áreas de riego de interior, la provincia de Córdoba obtiene un valor medio de eficiencia sensiblemente más bajo que las de Jaén y Sevilla. Esta baja eficiencia de los regadíos de Córdoba, es debida principalmente a la existencia de comunidades de regantes antiguas, como es el caso del Guadalmeñato o el Bembézar Margen Izquierda, en cambio, comunidades como el Genil-Cabra o Fuente Palmera, obtienen valores de eficiencia elevados, dentro del marco de estudio de la agricultura extensiva de interior.

Los riegos de olivar de Jaén, en su mayoría regadíos modernos y regados mediante riego localizado, presentan los mayores valores de eficiencia de la agricultura de interior, como son los casos de las áreas de riego de las campiñas norte y sur o la comarca de La Loma.

En la provincia de Sevilla las mayores eficiencias las obtienen los riegos de arroz del Bajo Guadalquivir, pero la gran heterogeneidad en cuanto a términos de eficiencias se refiere, hacen que el valor medio resultante no sea excesivamente alto. No obstante, diversas áreas de riego de las proximidades del Guadalquivir como es el caso de la zona regable del Valle Inferior del Guadalquivir, dedicada principalmente a los cultivos de invierno y regada mayoritariamente mediante riego por gravedad obtienen eficiencias elevadas, considerando el tipo de cultivo y el método de riego empleado.

En el estudio del litoral mediterráneo, los resultados están influidos por las altísimas eficiencias de las zonas de cultivo bajo invernadero almerienses. Las altas rentabilidades y eficiencias de áreas de riego como Poniente o el Campo de Níjar, hacen que la frontera de producción óptima haya quedado alejada del resto de las zonas regables. Pero, pese a esto, es destacable que la provincia de Málaga, con buenas condiciones climáticas para la producción de cultivos de alto valor económico, obtiene un bajo valor, no sólo en el estudio particularizado del caso del litoral mediterráneo, sino también en el estudio de eficiencia global, en donde obtiene los valores más bajos de eficiencias medias del conjunto de Andalucía.

La homogeneidad existente en el litoral atlántico es destacable, pese a existir cultivos altamente rentables y con altas eficiencias como es el caso de la fresa en Huelva, el resto de las áreas de riego, mantienen valores de eficiencia bastante altos. Es destacable que las áreas de riego de la sierra de Huelva, pese a poseer riegos antiguos por gravedad y estar dedicadas a frutales u hortícolas al aire libre, presentan altos valores de eficiencia.

3.4.6. Eficiencias según los grupos de cultivos

La gran heterogeneidad existente en cuanto a los tipos de cultivos existentes dentro de cada provincia, hacen que el estudio de las eficiencias medias organizadas según grupos de cultivos predominantes en cada área de riego sean también de un gran interés (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Valores medios de la eficiencia BCC según los grupos de cultivos

Grupo	Eficiencia BCC
Cultivos leñosos	0,35
Cultivos extensivos	0,48
Hortícolas al aire libre	0,55
Invernaderos	0,83
Fresa	1

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Para la obtención de las eficiencias mostradas en la Tabla 3.5, se han considerado las eficiencias BCC obtenidas en el estudio de la totalidad de Andalucía, considerando cada área de riego dentro del grupo de cultivos predominante en su superficie cultivada.

Los grupos de cultivos más eficientes son el de la fresa y el de los invernaderos. La eficiencia de los cultivos bajo invernadero es ligeramente más baja, si bien es cierto que las áreas de riego más representativas de este tipo de cultivos (Campo de Níjar y Poniente almerienses) alcanzan una eficiencia máxima.

La eficiencia media más baja de todos los grupos de cultivos la obtienen los cultivos leñosos, aunque la gran heterogeneidad existente en este tipo de cultivos, hace que existan zonas de olivar como Jaén, en donde la eficiencia sea bastante aceptable. En la Tabla 3.6 se intenta precisar algo más sobre las eficiencias de los distintos tipos de cultivos leñosos.

Tabla 3.6. Valores medios de la eficiencia BCC de los cultivos leñosos

Cultivo	Eficiencia BCC
Cítricos	0,40
Frutales subtropicales	0,47
Olivar	0,28
Resto de frutales	0,46

Los cítricos, los frutales subtropicales y el resto de frutales obtienen eficiencias sensiblemente más altas que el olivar, aunque el que el olivar sea un cultivo muy extendido prácticamente por toda la superficie andaluza, hace que no sea posible generalizar y considerarlo como negativo para la eficiencia de un área de riego. Además de esto, en el estudio de la zona de interior, las áreas de riego de Jaén, generalmente regadas mediante riego localizado y en las que el olivar es predominante, obtienen unas eficiencias muy competitivas.

Los extensivos consiguen una eficiencia más alta que los leñosos, aunque sería conveniente distinguir entre tres importantes grupos de cultivos extensivos, los cuales se muestran en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Valores medios de la eficiencia BCC de los cultivos extensivos

Cultivo	Eficiencia BCC
Extensivos de invierno	0,49
Extensivos de verano	0,37
Arroz	0,81

Los extensivos de invierno obtienen una eficiencia sensiblemente más alta que los de verano, esto se debe a que para su producción la cantidad de agua de riego necesaria es inferior, necesitando generalmente solo un par de riegos de apoyo.

El arroz obtiene una alta eficiencia, aunque las condiciones que requiere su producción, hacen que no pueda ser considerado como una alternativa viable para la mayor parte de las áreas de riego.

Los hortícolas al aire libre obtienen una eficiencia mayor que los extensivos y los leñosos, por lo que podría ser un grupo de cultivos que permitirían un aumento global de la eficiencia de las zonas de interior.

3.4.7. Mejora del regadío con las técnicas DEA

Las técnicas DEA, además de indicar la eficiencia relativa de cada área de riego, permiten estimar numéricamente hacia donde se deben dirigir los esfuerzos de mejora, indicando para cada caso cuales son los Inputs que van a hacer que una zona puesta en regadío pierda eficiencia y en qué cantidad habría que reducirlos para que un área de riego llegue a ser eficiente.

Para el cálculo de las líneas de mejora, se han considerado las eficiencias BCC obtenidas en los estudios de las tres grandes zonas en que se ha dividido Andalucía

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

(Interior, Mediterráneo y Atlántico), con la finalidad de que las soluciones que ofrece DEA se encuentren dentro de las posibilidades de producción de las áreas de riego, al ser zonas con condiciones parecidas.

En la Figura 3.18 se muestra, en porcentajes respecto del valor actual, la proporción en la que cada área de riego de la zona de interior debería reducir cada uno de sus inputs para llegar a ser eficiente.

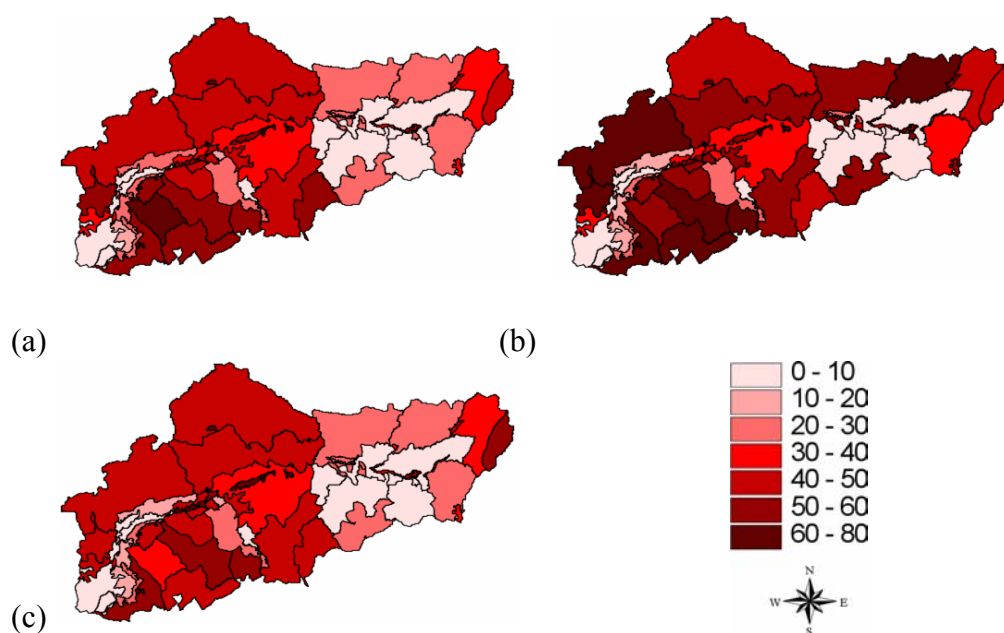


Figura 3.18. Porcentaje de reducción en la zona interior de los inputs: (a) Mano de obra, (b) Superficie, (c) Agua aplicada

La eficiencia BCC de cada una de las áreas de riego de las provincias de Córdoba, Sevilla y Jaén, además de los porcentajes de reducción de cada uno de sus inputs que nos ofrece DEA como solución, se muestran en el anejo 3.4. Áreas de riego como el olivar de Jaén y los riegos del arroz de Sevilla son las más eficientes y no deberían reducir ninguno de sus Inputs. Dentro de la provincia de Córdoba, la zona regable del Genil-Cabra, es la que consigue una mayor eficiencia y, por tanto, prácticamente no debería reducir ninguno de sus Inputs, mientras que áreas antiguas con un alto potencial de crecimiento como son el Bembézar Margen Izquierda o el Guadalquivir deberían reducir considerablemente la totalidad de sus Inputs.

El mismo estudio se repite para el caso del litoral atlántico. El porcentaje en el que cada área de riego debería reducir el valor actual de cada uno de sus Inputs se muestra en la Figura 3.19 y numéricamente en el anejo 3.5 junto con las eficiencias BCC.

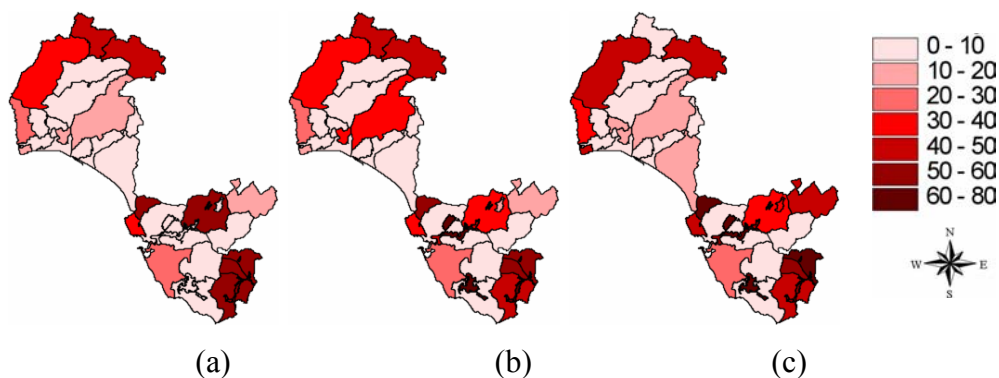


Figura 3.19. Porcentaje de reducción en el litoral atlántico de los Inputs:
(a) Mano de obra, (b) Superficie, (c) Agua aplicada

El litoral atlántico es el que presenta unas eficiencias medias más altas y el que menos reducción de Inputs requiere. Pese a haber estado influenciada su frontera de producción por los cultivos de la fresa de Huelva, zonas con una alta eficiencia, la eficiencia media de las áreas de riego de Cádiz y Huelva, resulta elevada en términos generales.

Por último, en la Figura 3.20 se puede ver la reducción que se debería aplicar cada área de riego a cada uno de sus Inputs para la zona del litoral mediterráneo, dichas reducciones se detallan en el anejo 3.6.

En el litoral mediterráneo la frontera de producción la determinan los cultivos bajo invernadero de la provincia de Almería. El resto de las áreas de riego precisarían de una importante reducción de Inputs, especialmente en superficie puesta en riego y en la cantidad de agua aplicada, para llegar al nivel de competitividad de las áreas de cultivos

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

bajo invernadero almerienses. En algunas áreas de riego estas soluciones podrían ser inviables pero, en cambio, perfectamente factibles en zonas como la costa de Málaga o de Granada, con un alto potencial de crecimiento debido a sus especiales condiciones climáticas que hacen que sea posible un aumento global de la eficiencia hacia valores próximos a los del Campo de Níjar o el Poniente almerienses.

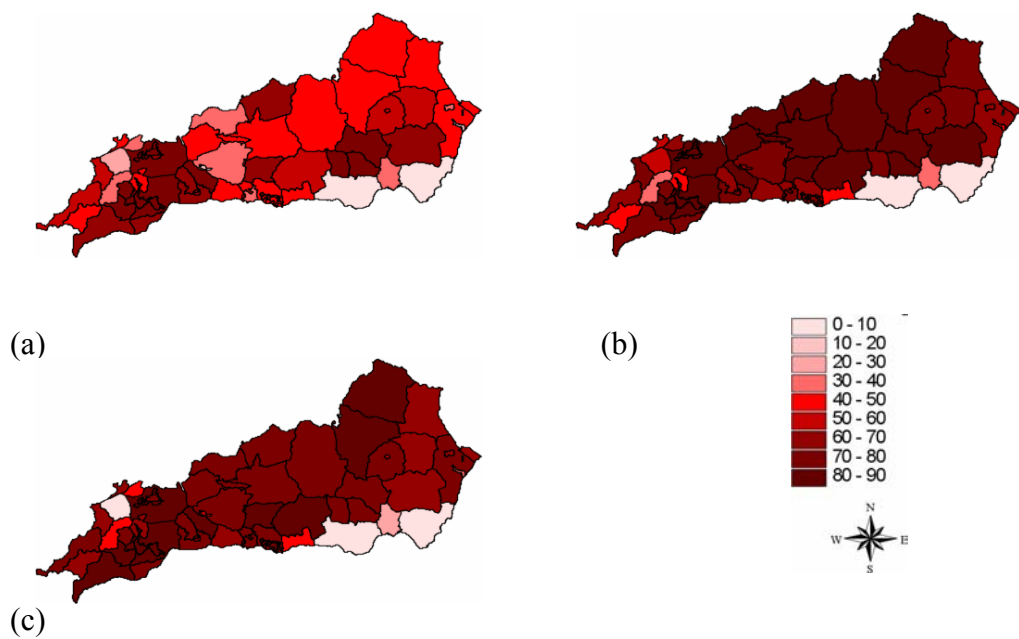


Figura 3.20. Porcentaje de reducción en el litoral mediterráneo de los Inputs:
(a) Mano de obra, (b) Superficie, (c) Agua aplicada

3.5. CONCLUSIONES

Puede afirmarse que la metodología de Data Envelopment Analysis es una herramienta de gran utilidad para la detección de ineficiencias locales, así como de posibilidades de mejora para las zonas con mayor potencial de crecimiento, que, si bien ofrece numéricamente la situación objetivo que sería la deseable para una determinada área de riego, para el estudio de grandes zonas de regadío, son más interesantes las líneas de tendencias generales, que nos indican qué cultivos aumentarían la eficiencia y cuales tenderían a reducirla, así como cuales son los sistemas de riego que permitirían un uso más eficiente del agua. Estas pautas pueden ser de gran utilidad para los organismos gestores, que deben evaluar si esas reducciones en mano de obra, en consumo de agua o incluso la sustitución de los cultivos actuales por otros más rentables, son o no factibles dentro del ámbito en que se encuentra dicha zona regable.

Obviamente, las soluciones que DEA ofrece no pueden ser tomadas al pie de la letra. Aunque una baja eficiencia siempre indicará para un área de riego que alguna otra área está obteniendo el mismo o más beneficio, empleando una cantidad inferior de recursos y por tanto, existirá un amplio campo de mejora, para conseguir que esa área de riego llegue a ser eficiente.

Para el caso particular de Andalucía, la aplicación de DEA ha permitido dividir la totalidad de la región en tres grandes zonas:

- **Zona interior**, con predominio de la agricultura extensiva y en donde se observa una clara relación entre riego localizado al olivar y aumento de la eficiencia.
- **Zona atlántica**, de alta eficiencia en su conjunto, pero con valores más altos en las áreas de riego dedicadas al cultivo de la fresa, mediante riego localizado.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

- **Zona mediterránea**, muy heterogénea, pero que muestra claramente que la eficiencia viene ligada al aumento de la superficie dedicada a invernaderos y regada mediante riego localizado.

Dentro de la dificultad existente en la detección de tendencias comunes de estas tres zonas, como punto común, se puede observar una tendencia que parece indicar que una modernización de regadíos, hacia sistemas de riego localizado, además de propiciar un aumento de la eficiencia en el uso del agua, podría llevar a un aumento global de la eficiencia. Debido a que en las zonas con eficiencias más altas, principalmente en las provincias de Almería, Huelva y Jaén, predomina el riego localizado.

El no haber considerado como Input los costes de producción ha motivado que los resultados hayan quedado muy influenciados por el valor de la producción agrícola, algo interesante si se tiene en cuenta que ese dinero representa riqueza que permanece en la zona. No obstante, serían deseables estudios en los que se considerasen nuevos Inputs, como podrían ser los costes de producción de los cultivos y los costes del agua.

El conocimiento de estos tipos de regadíos, será de utilidad para la selección de las Comunidades de Regantes a estudiar mediante técnicas de benchmarking en el capítulo siguiente.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

Ali, A.I. y L.M. Seiford. 1993. *The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis*, en Fried, H.O., C.A.K. Lovell y S.S. Schmidt (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. Oxford University Press. New York. 120-159

Arzubi, A. y J. Berbel. 2001. *Determinación de la eficiencia usando DEA en las explotaciones lecheras de Argentina*. IV Congreso de la Asociación de Economía Agraria. Pamplona.

- Athanassapoulos, A. D.; Lambroukos, N. y L. Seiford. 1998. *Data envelopment scenario analysis for setting targets to electricity generating plants*. European Journal of Operational Research. 115: 413-428
- Banker, R.D.; Charnes, A. y W.W. Cooper. 1984. *Some Models for Estimating Technical and Scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis*. Management Science. 30: 1.078-1.092
- Charnes, A.; Cooper, W.W. y E. Rhodes. 1978. *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*. European Journal of Operational Research. 2: 429-444
- Coelli, T. 1996. *A guide to DEAP Versión 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. CEPA Working Paper 96/08
- Coelli, T. 1998. *A multi-stage methodology for the solution of orientated DEA models*. CEPA Workings Papers. 1/98
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 1999. *Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía*. Sevilla
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. 2002. *Actualización del Inventario de Regadíos*. Sevilla
- Cooper, W.W.; Seiford, L.M. y K. Tone. 2000. *Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. Kluwer Academic Publishers.
- Cubbin, J. y G. Tzanidakis. 1998. *Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry*. Utilities Policy 7: 75-85

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

- Färe, R.; Grosskopf, S.; Kirley, J. y D. Squires. 2000. *Data Envelopment Analysis (DEA): A Framework for Assessing Capacity in Fisheries When Data are Limited*. Oregon State University.
- Farrell, M.J. 1957. *The measurement of productive efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society, A CXX: 253-290
- Haslem, J.A.; Scheraga, C.A. y J.P. Bedingfield. 1999. *DEA efficiency profiles of U.S. banks operating internationally*. International Review of Economics and Finance. 8: 165-182
- Hussain, A y M. Jones. 2001. *An Introduction to Frontier Analyst*. Banxia Software.
- Hussain, I.; Marikar, F. y W. Jehangir. 2000. *Productivity and Performance of irrigated Wheat Farms across Canal Commands in the Lower Indus Basin*. International Water Management Institute. Research Report 44.
- Iráizoz, B; Rapún, M. y I. Zabaleta. 2003. *Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain*. Agricultural Systems 78: 387-403
- Pardo, M. L.; Ruiz, D. E. M.; Rodríguez, J. J.; Martos, J. y P. Lara. 2001. *Aplicación de la metodología DEA en la medida de la eficiencia de la producción de la leche en Córdoba*. IV Congreso de la Asociación de Economía Agraria. Pamplona.
- Rodríguez, J.A.; Camacho, E. y R. López. 2002. *El Futuro del Regadío en Andalucía*. Informe anual del sector agrario en Andalucía 2001. Analistas económicos de Andalucía.

- Rodríguez, J.A.; Camacho, E. y R. López. 2003a. *Aplicación de las técnicas DEA al estudio de los regadíos*. I Workshop de Eficiencia y Productividad (IWEP). Córdoba.
- Rodríguez, J.A.; Camacho, E. y R. López. 2003b. *Application of Data Envelopment Analysis to Studies of Irrigation efficiency in Andalusia*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. American Society of Civil Engineers. Aceptado para publicación.
- Thanassoulis, E. 2000a. *The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: Water distribution*. European Journal of Operational Research. 126: 436-453
- Thanassoulis, E. 2000b. *DEA and its use in the regulation water industry*. European Journal of Operational Research. 127: 1-13
- Vicario, V.; Dios, R. y Martínez. 2000. *La eficiencia técnica en las explotaciones multicultivo de la provincia de Córdoba mediante DEA. Una comparación con los métodos paramétricos*. IV Congreso de la Asociación de Economía Agraria. Pamplona.
- Zaibet, L. y P.S. Dharmapala. 1999. *Efficiency of government-supported horticulture: the case of Oman*. Agricultural Systems 62: 159-168.

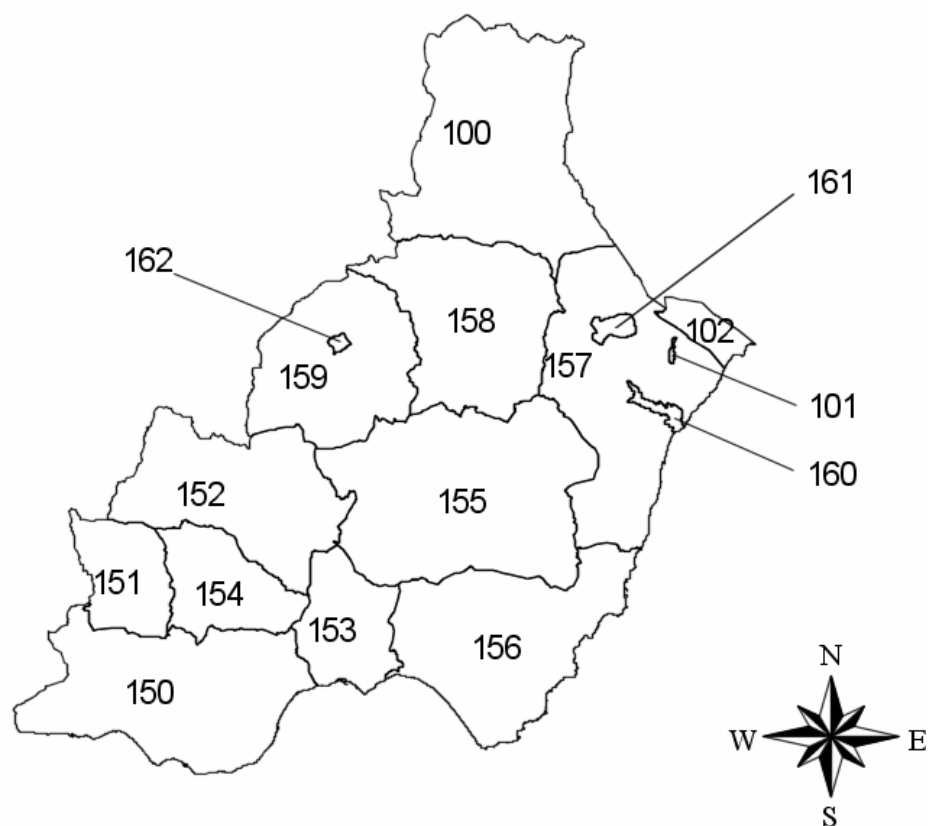
ANEJO 3.1. LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE RIEGO

En el presente anejo se muestra la distribución de las áreas de riego en las que se divide la totalidad del regadío existente en Andalucía en el Inventario de Regadíos realizado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (1999).

Cada área de riego representa a un conjunto homogéneo de zonas regables, con similares prácticas de manejo y climatología, de hecho, los límites de la mayor parte de las áreas de riego coinciden con los de las comarcas en los que se encuentran. A continuación se muestran las áreas de riego, de cada una de las provincias andaluzas, en el siguiente orden:

1. Almería
2. Cádiz
3. Córdoba
4. Granada
5. Huelva
6. Jaén
7. Málaga
8. Sevilla

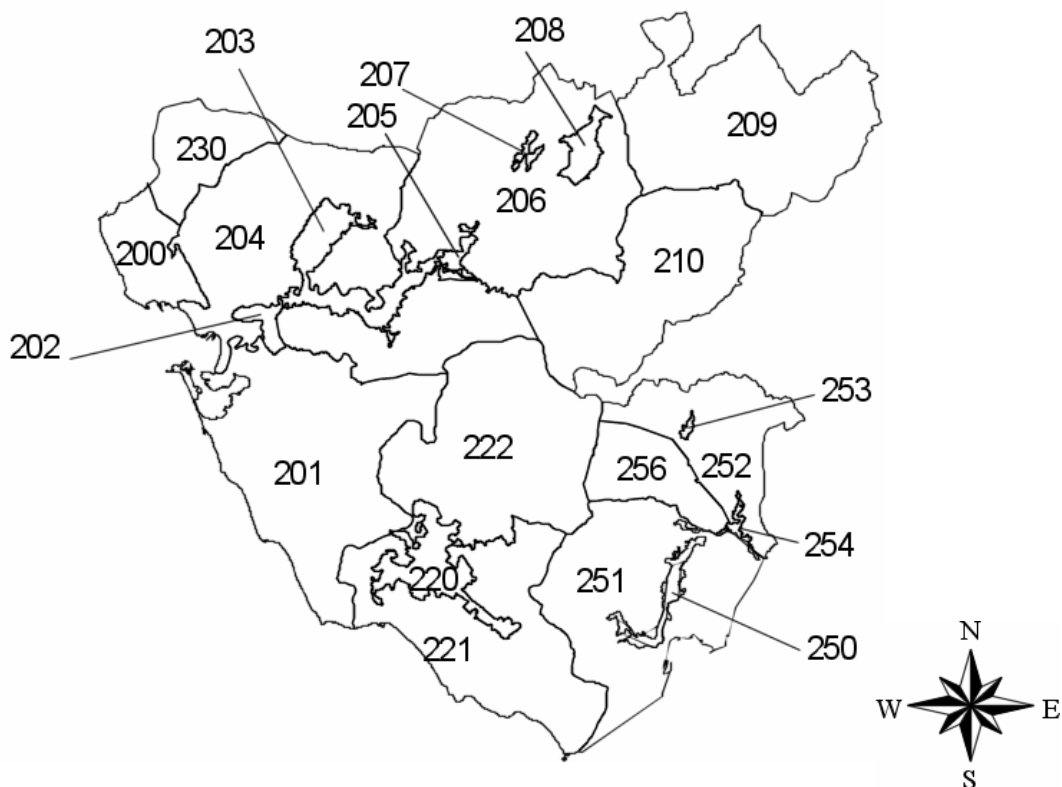
Almería



100	Los Vélez
101	Los Guiraos
102	Riegos de Pulpí
150	Poniente
151	Alto Andarax
152	Nacimiento
153	Bajo Andarax
154	Medio Andarax
155	Campo de Tabernas
156	Campo de Níjar
157	Bajo Almanzora
158	Medio Almanzora
159	Alto Almanzora
160	Z.R. Cuevas de Almanzora
161	El Saltador
162	Higueral de Tíjola

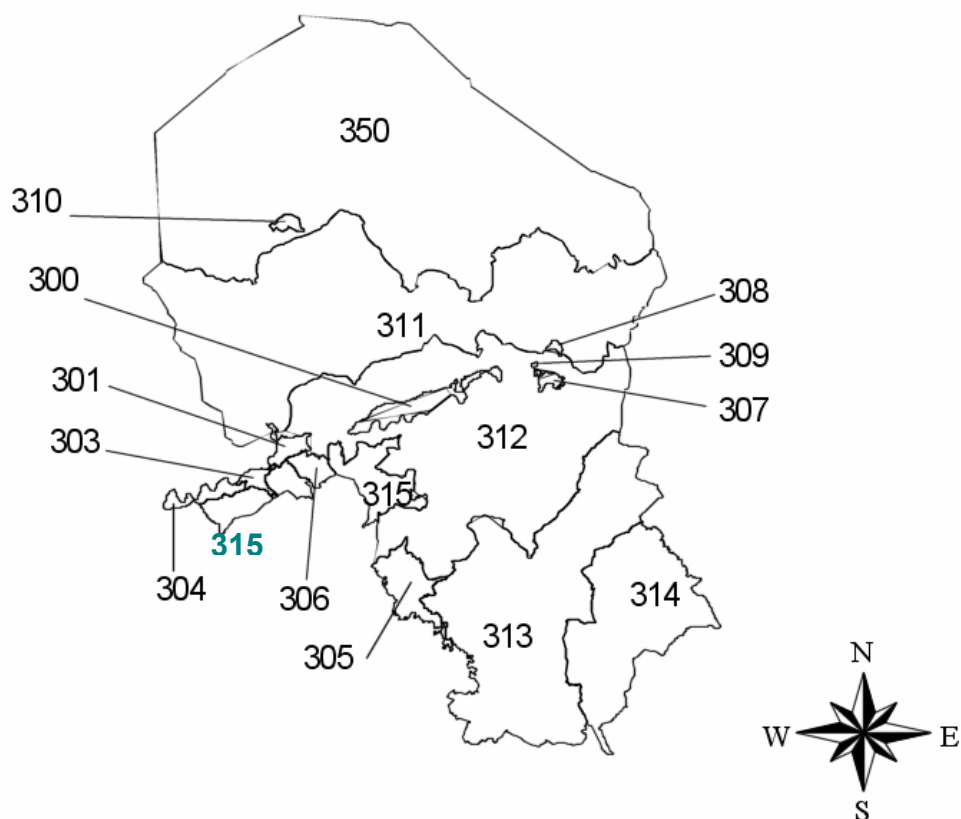
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Cádiz



200	Z.R. Costa-Noroeste
201	Riegos Conil/Chiclana
202	Z.R. Bajo Guadalete
203	Z.R. Guadalcaacín
204	Campaña Jerez
205	Z.R. Bornos M.Izda.
206	S.Andrés y Buenavista
207	Z.R. Coto de Bornos
208	Z.R. Villamartín
209	Riegos Guadalporcún
210	Riegos S. Grazalema
220	Z.R. Barbate
221	Riegos del Barbate
222	Cabecera del Barbate
230	Z.R. Monte Algaida
250	Z.R. Guadarranque
251	Bahía de Algeciras
252	Genal-Guadiaro
253	San Pablo de Buceite
254	San Martín del Tesorillo
256	Hozgarganta

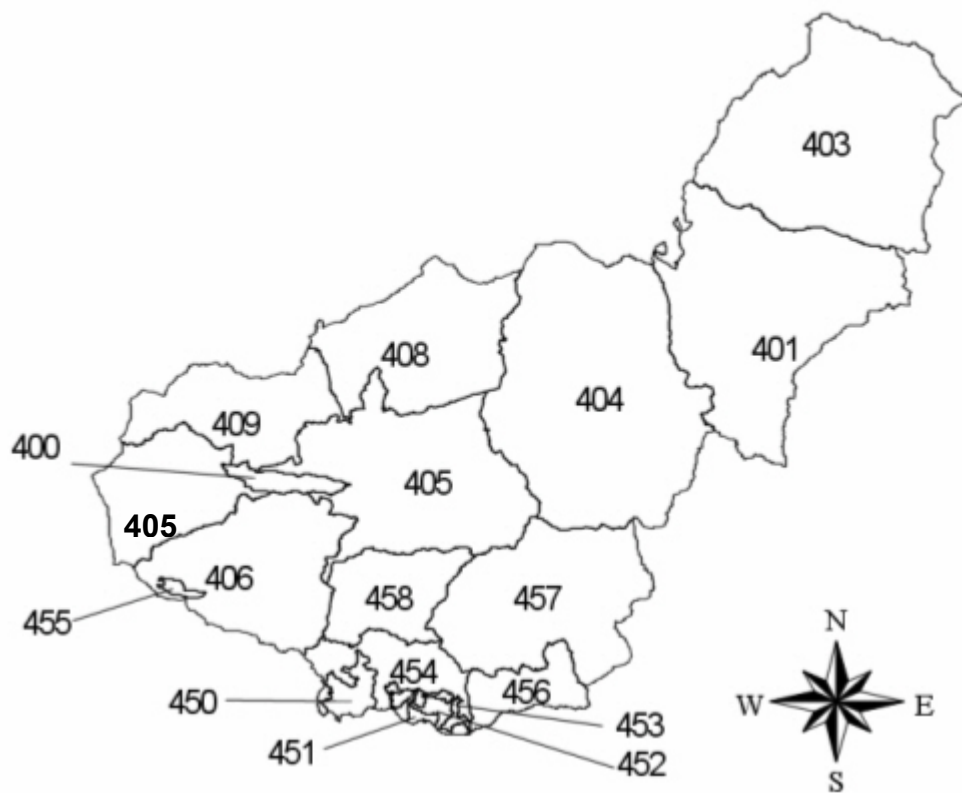
Córdoba



300	Z.R. Guadalquivir
301	Z.R. Bembézar M.Izda.
303	Z.R. Genil M.Dcha.
304	Z.R. Genil M.Izda.
305	Z.R. Genil-Cabra
306	Z.R. Fuente Palmera
307	Maruanas
308	Algallarín
309	San Antonio
310	Sierra Boyera
311	Sierra Morena
312	Campaña Baja
313	Campaña Alta
314	Penibética
315	Las Colonias
350	Los Pedroches

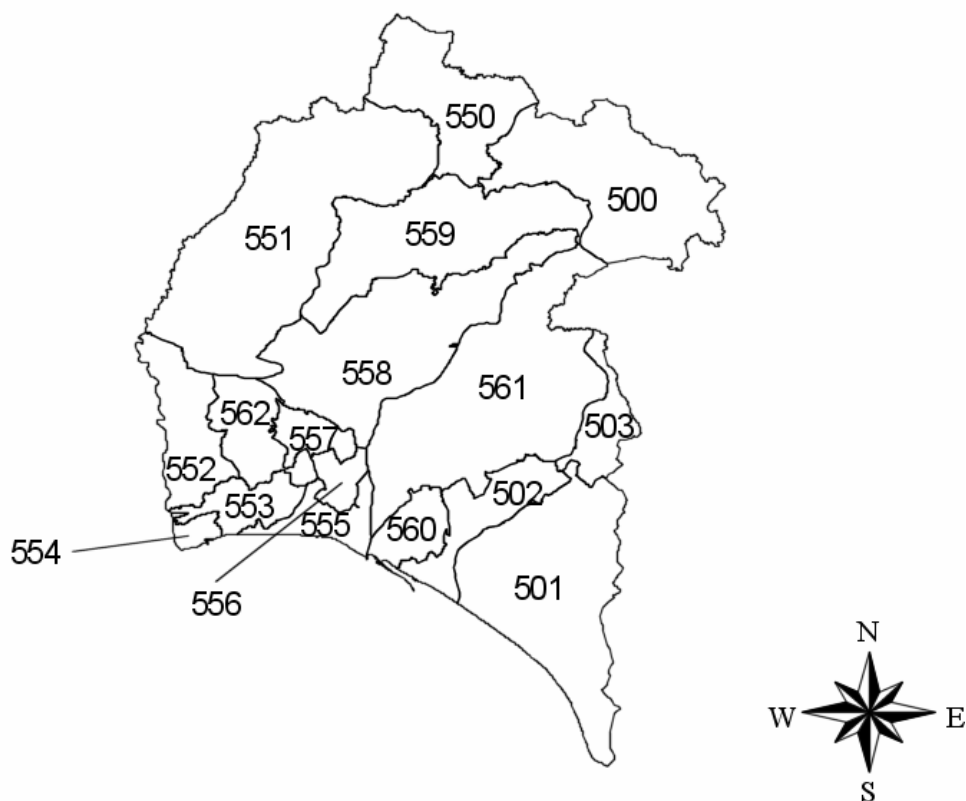
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Granada



400	Z.R. Cacín
401	Comarca de Baza
403	Comarca de Huéscar
404	Comarca de Guadix
405	Comarca de la Vega
406	Comarca de Alhama
407	Otros riegos Guadix
408	Comarca Iznalloz
409	Comarca Montefrío
450	Rio Verde
451	Motril-Salobreña (C-50)
452	Motril-Salobreña (C-100 Y 200)
453	Motril-Salobreña (C>200)
454	Otros riegos comarca de la Costa
455	Zafarraya
456	Riegos de Contraviesa
457	Alpujarra
458	Valle de Lecrín

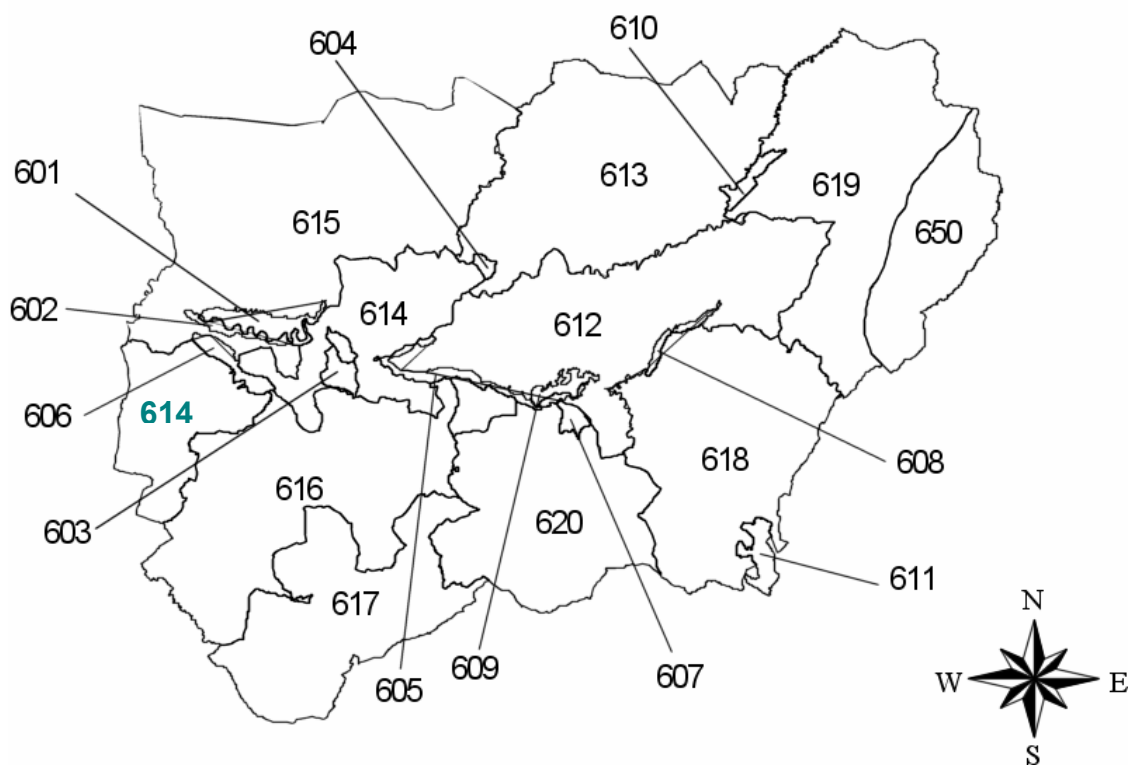
Huelva



500	Rivera de Huelva
501	Almonte-Marismas
502	Condado Litoral
503	Condado Guadalquivir
550	Múrtigas
551	Subsistema 8.1, 8.2, 8.3
552	Subsistema 8.4
553	Chanza
554	Ayamonte
555	Punta Umbría
556	Entre Chanza y Sur-Andévalo
557	Sur-Andévalo
558	Andévalo
559	Sierra Aracena
560	Palos-Moguer
561	Condado-Andévalo
562	Villanueva-Villablanca

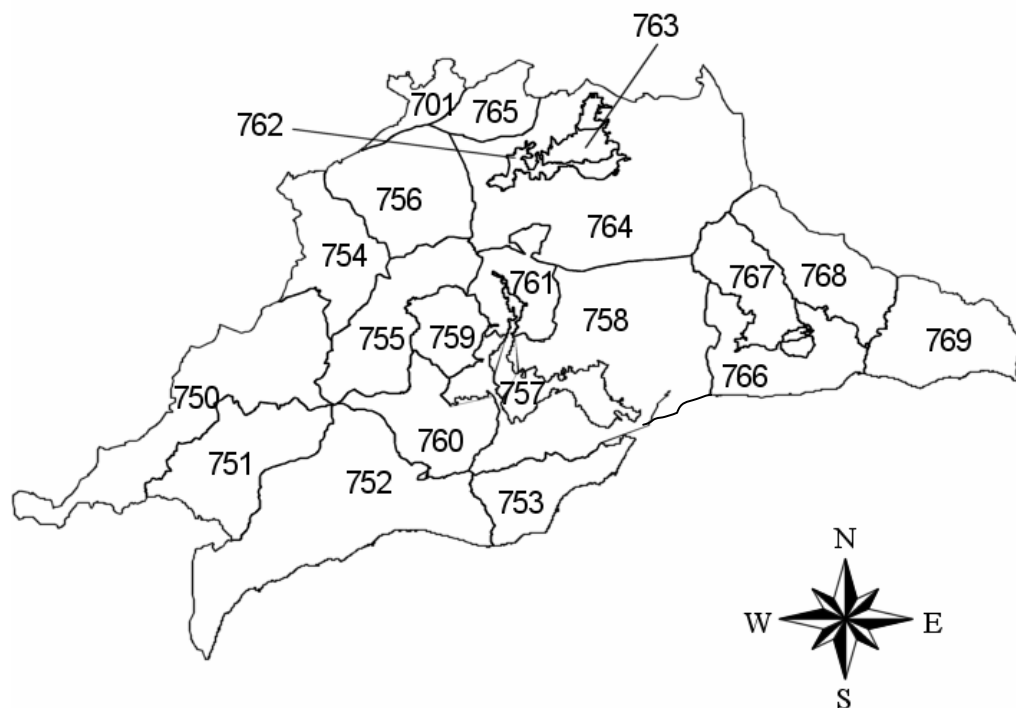
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Jaén



601	Z.R. del Rumblar
602	Vegas Bajas
603	Mengíbar-Villargordo
604	Guadalen
605	Vegas Medias
606	Salado de Arjona
607	Jandulilla
608	Vegas Altas
609	Donadío
610	Guadalmena
611	Guadalentín
612	La Loma
613	El Condado
614	Campaña Norte
615	Sierra Morena
616	Campaña Sur
617	Sierra Sur
618	Cazorla
619	Segura
620	Sierra Magina
650	Cuenca del Segura

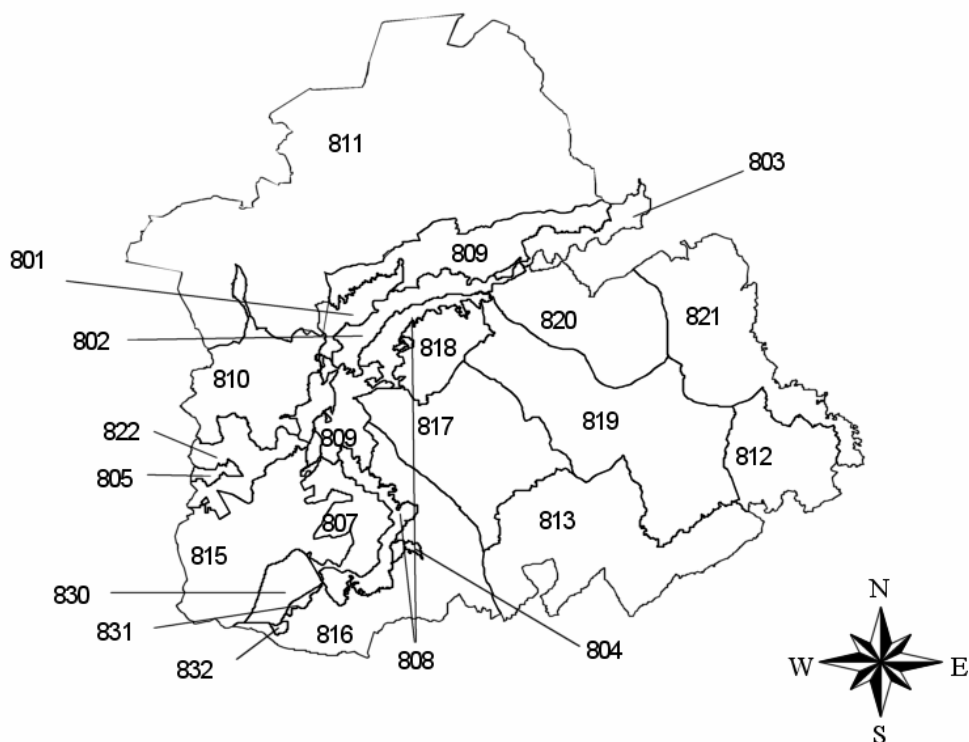
Málaga



701	Arroyo Albina (Yeguas)
750	Guadiaro
751	Genal
752	Marbella-Estepona
753	Ojén-Benalmádena
754	Guadalteba
755	EL Burgo-Turón
756	Almargen
757	Z.R. Guadalhorce
758	Alrededor Z.R. Guadalhorce
759	Las Cañas
760	Río Grande
761	El Chorro-Las Piedras
762	Cabecera Guadalhorce
763	Z.R. Llanos de Antequera
764	Otros Antequera-Archidona
765	Laguna Fuente Piedra
766	Río Vélez
767	Río de la Cueva
768	Río Guaro
769	Axarquía Este

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Sevilla



801	Z.R. Viar
802	Z.R. Valle Inferior Guadalquivir
803	Z.R. Bembézar M. Dcha.
804	Z.R. Salado de Morón
805	Z.R. Almonte-Marisma (Sector-I)
806	Z.R. Vega de Coria
807	Z.R. Bajo Guadalquivir y Norte B-XI
808	Riegos privados Bajo Guadalquivir
809	Otros riegos de la Vega
810	Aljarafe
811	Sierra Norte
812	Comarca de Estepa
813	Sierra Sur
814	Vega de Gelves
815	Riego del Arroz
816	Campiña Utrera-Lebrija
817	Río Guadaira
818	Los Alcores
819	Río Corbones
820	Campiña La Campana-La Luisiana-Fuentes de Andaluc.
821	Río Genil
822	Norte de la Comarca de Las Marismas
830	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XII
831	Z.R. Bajo Guadalquivir: Privados B-XII
832	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XI Sur
833	Los Humosos

ANEJO 3.2. EFICIENCIA BCC DE LA TOTALIDAD DE ANDALUCÍA

El presente anejo muestra el resultado de aplicar el modelo BCC a la totalidad de las áreas de riego en que se divide Andalucía, considerando como inputs la superficie regada, el agua consumida y la mano de obra empleada y como output el valor total de la producción agrícola.

Codigo	Nombre	Producción (M€)	Superficie regada (ha)	Agua consumida (hm ³ /año)	Mano de obra (UTA)	Efic. BCC
100	Los Vélez	8,49	1795	6	292	0,438
101	Los Guiraos	4,17	220	1	68	1
102	Riegos de Pulpí	28,48	3000	18	841	0,504
150	Poniente	768,53	21326	128	12921	1
151	Alto Andarax	2,35	1376	4	256	0,25
152	Nacimiento	9,33	4100	10	746	0,195
153	Bajo Andarax	96,67	3974	23	2333	0,684
154	Medio Andarax	14,55	3635	16	1393	0,166
155	Campo de Tabernas	8,50	2459	5	466	0,333
156	Campo de Níjar	196,33	4900	32	2972	1
157	Bajo Alanzora	77,93	6849	53	2184	0,532
158	Medio Alanzora	21,38	3073	15	784	0,407
159	Alto Alanzora	15,07	3042	12	614	0,366
160	Z.R. Cuevas de Alanzora	42,46	2500	13	769	0,827
161	El Saltador	23,66	2000	12	606	0,582
162	Higueral de Tíjola	4,82	600	3	169	0,451
200	Z.R. Costa-Noroeste	39,81	5850	33	1782	0,334
201	Riegos Conil/Chiclana	3,58	1140	5	117	0,442
202	Z.R. Bajo Guadalete	2,46	1782	8	65	0,481
203	Z.R. Guadalcaçín	21,53	11749	81	586	0,469
204	Campiña Jerez	15,23	3425	15	364	0,603
205	Z.R. Bornos M.Izda.	4,36	2095	10	112	0,521
206	S.Andrés y Buenavista	2,17	353	2	174	0,5
207	Z.R. Coto de Bornos	1,20	624	3	46	0,408
208	Z.R. Villamartín	1,32	900	4	31	0,527
209	Riegos Guadalporcún	5,72	912	6	184	0,464
210	Riegos S. Grazalema	1,03	188	1	28	1
220	Z.R. Barbate	52,43	12500	63	1366	0,551
221	Riegos del Barbate	2,76	352	1	86	1
222	Cabecera del Barbate	0,58	200	1	10	1
230	Z.R. Monte Algaida	6,98	955	6	463	0,287
250	Z.R. Guadarranque	4,11	1343	6	285	0,227

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Codigo	Nombre	Producción	Superficie	Agua	Mano de	Efic.
		(M€)	regada (ha)	consumida (hm ³ /año)	obra (UTA)	BCC
251	Bahía de Algeciras	3,70	451	3	248	0,421
252	Genal-Guadiaro	6,86	1855	11	452	0,229
253	San Pablo de Buceite	1,83	361	3	144	0,375
254	San Martín del Tesorillo	3,97	844	8	315	0,224
256	Hozgarganta	1,38	510	3	78	0,333
300	Z.R. Guadalquivir	8,41	6700	57	366	0,298
301	Z.R. Bembézar M.lzda.	6,62	3501	28	300	0,304
303	Z.R. Genil M.Dcha.	2,94	2100	17	146	0,272
304	Z.R. Genil M.lzda.	6,11	5000	40	330	0,247
305	Z.R. Genil-Cabra	38,58	15134	68	1370	0,402
306	Z.R. Fuente Palmera	7,81	5166	23	178	0,558
307	Maruanas	1,18	1800	13	52	0,264
308	Algallarín	0,99	590	4	53	0,317
309	San Antonio	0,09	132	1	4	1
310	Sierra Boyera	0,45	860	4	33	0,253
311	Sierra Morena	6,37	2898	14	394	0,234
312	Campaña Baja	35,95	25931	97	1664	0,304
313	Campaña Alta	13,58	5407	19	896	0,225
314	Penibética	8,53	2749	11	774	0,172
315	Las Colonias	4,89	2399	8	300	0,246
350	Los Pedroches	5,19	2124	9	285	0,268
400	Z.R. Cacín	24,09	6235	22	708	0,499
401	Comarca de Baza	32,56	14543	43	997	0,47
403	Comarca de Huéscar	15,97	5619	21	512	0,45
404	Comarca de Guadix	77,48	22788	71	2171	0,522
405	Comarca de la Vega	124,95	28044	116	3589	0,511
406	Comarca de Alhama	17,93	3396	13	453	0,582
407	Otros riegos Guadix	0,50	280	1	28	1
408	Comarca Iznalloz	11,49	6246	12	571	0,299
409	Comarca Montefrío	12,77	2888	10	330	0,567
450	Río Verde	19,25	3183	22	498	0,559
451	Motril-Salobreña (C-50)	16,96	2686	19	511	0,485
452	Motril-Salobreña (C-100 Y 200)	24,62	3287	23	759	0,478
453	Motril-Salobreña (C>200)	5,25	800	6	184	0,434
454	Otros riegos comarca de la Costa	14,98	1930	11	425	0,52
455	Zafarraya	11,60	1204	6	226	0,756
456	Riegos de Contraviesa	35,92	2098	13	1093	0,499
457	Alpujarra	38,79	8770	47	1501	0,379
458	Valle de Lecrín	10,63	3232	16	541	0,288
500	Rivera de Huelva	0,97	258	2	52	0,5
501	Almonte-Marismas	68,03	3899	20	1980	0,559
502	Condado Litoral	67,01	2141	10	1769	1
503	Condado Guadalquivir	1,00	640	2	20	0,724
550	Múrtigas	0,78	237	1	54	1
551	Subsistema 8.1, 8.2, 8.3	2,61	833	4	110	0,364
552	Subsistema 8.4	2,60	532	3	95	0,432
553	Chanza	130,67	7671	40	3648	0,542

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Codigo	Nombre	Producción (M€)	Superficie regada (ha)	Agua consumida (hm ³ /año)	Mano de obra (UTA)	Efic. BCC
554	Ayamonte	3,95	552	4	130	0,473
555	Punta Umbría	0,56	100	1	20	1
556	Entre Chanza y Sur-Andévalo	7,27	1150	4	243	0,463
557	Sur-Andévalo	40,06	3244	15	1200	0,505
558	Andévalo	0,87	140	1	23	1
559	Sierra Aracena	0,76	130	1	25	1
560	Palos-Moguer	127,67	3683	19	3383	1
561	Condado-Andévalo	13,53	4457	14	426	0,464
562	Villanueva-Villablanca	20,45	1550	7	595	0,527
601	Z.R. del Rumber	11,12	5390	32	349	0,427
602	Vegas Bajas	8,53	3633	24	245	0,465
603	Mengíbar-Villargordo	4,48	3000	12	128	0,466
604	Guadalen	1,92	875	4	85	0,345
605	Vegas Medias	6,47	3744	23	199	0,421
606	Salado de Arjona	8,83	4500	18	350	0,358
607	Jandullilla	4,70	2095	4	211	0,35
608	Vegas Altas	6,61	3015	20	213	0,418
609	Donadío	4,08	2505	10	156	0,362
610	Guadalmena	6,77	3435	17	307	0,311
611	Guadalentín	10,79	5801	23	507	0,305
612	La Loma	109,14	49291	81	4915	0,333
613	El Condado	17,63	7695	15	792	0,332
614	Campaña Norte	50,55	22868	49	2188	0,343
615	Sierra Morena	13,71	6243	18	585	0,343
616	Campaña Sur	49,97	21486	45	2230	0,334
617	Sierra Sur	13,75	5460	14	634	0,322
618	Cazorla	25,10	11161	35	1144	0,322
619	Segura	12,34	4813	19	585	0,308
620	Sierra Magina	54,90	23095	61	2424	0,335
650	Cuenca del Segura	2,54	1125	7	131	0,289
701	Arroyo Albina (Yeguas)	2,03	633	3	84	0,386
750	Guadiaro	4,89	755	5	222	0,344
751	Genal	1,54	439	3	113	0,333
752	Marbella-Estepona	6,90	1343	14	409	0,258
753	Ojén-Benalmádena	9,05	2104	10	428	0,314
754	Guadalteba	3,50	936	3	169	0,338
755	EL Burgo-Turón	1,05	451	2	61	0,5
756	Almargen	1,03	606	1	47	1
757	Z.R. Guadalhorce	39,01	10145	67	3458	0,169
758	Alrededor Z.R. Guadalhorce	16,96	4700	30	1486	0,17
759	Las Cañas	3,44	1004	6	341	0,188
760	Río Grande	12,49	3235	28	1025	0,183
761	El Chorro-Las Piedras	2,17	430	3	151	0,35
762	Cabecera Guadalhorce	10,63	3072	20	557	0,278
763	Z.R. Llanos de Antequera	4,94	2645	5	344	0,231
764	Otros Antequera-Archidona	7,40	4522	12	511	0,217

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Codigo	Nombre	Producción (M€)	Superficie regada (ha)	Agua consumida (hm ³ /año)	Mano de obra (UTA)	Efic. BCC
765	Laguna Fuente Piedra	0,99	908	2	58	0,5
766	Río Vélez	45,59	6291	46	2027	0,336
767	Río de la Cueva	9,95	1388	8	456	0,331
768	Río Guaro	6,23	1976	12	442	0,212
769	Axarquía Este	37,36	3164	20	1217	0,46
801	Z.R. Viar	39,62	11958	74	2015	0,286
802	Z.R. Valle Inferior Guadalquivir	65,15	18494	129	3754	0,254
803	Z.R. Bembézar M. Dcha.	26,21	11704	94	1373	0,27
804	Z.R. Salado de Morón	1,17	1930	11	51	0,258
805	Z.R. Almonte-Marisma (Sector-I)	19,48	2752	12	628	0,463
806	Z.R. Vega de Coria	2,20	1317	7	79	0,37
807	Z.R. Bajo Guadalquivir y Norte B-XI	37,29	22307	134	1084	0,443
808	Riegos privados Bajo Guadalquivir	43,42	25404	147	2031	0,295
809	Otros riegos de la Vega	35,06	11662	58	2196	0,236
810	Aljarafe	14,45	6160	18	1180	0,186
811	Sierra Norte	5,54	2986	10	336	0,243
812	Comarca de Estepa	7,35	4360	13	678	0,165
813	Sierra Sur	10,08	4992	13	868	0,178
814	Vega de Gelves	0,34	218	1	13	1
815	Riego del Arroz	70,35	38585	348	1185	0,811
816	Campaña Utrera-Lebrija	7,18	4249	13	540	0,198
817	Río Guadaira	10,63	4260	12	1011	0,169
818	Los Alcores	8,37	3370	12	667	0,191
819	Río Corbones	11,21	5600	21	906	0,183
820	Campaña La Campana-La Luisiana- Fuentes de Andaluc.	3,05	1812	7	149	0,295
821	Río Genil	39,30	26681	153	1264	0,402
822	Norte de la Comarca de Las Marismas	5,42	1614	9	297	0,27
830	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XII	28,61	14099	92	295	1
831	Z.R. Bajo Guadalquivir: Privados B-XII	1,24	614	4	13	1
832	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XI Sur	0,83	410	2	9	1
833	Los Humosos	2,63	2225	5	140	0,288

ANEJO 3.3. TEST DE WILCOXON- MANN- WHITNEY

En este anejo se muestra el resultado de aplicar el test estadístico de Wilcoxon-Mann-Withney, con el objetivo de demostrar que las áreas de riego de las provincias de interior y las áreas de las provincias del litoral no constituyen una población estadísticamente homogénea.

Para la aplicación del test se ordenan todas las áreas de riego según la eficiencia obtenida al aplicar el modelo BCC a la totalidad de Andalucía. De todas las áreas de riego se seleccionan las pertenecientes a las provincias de interior (63 áreas de riego) y se suman las posiciones obtenidas por las mismas en el *ranking* (sumando 6217,5).

Posteriormente, se calcula el valor del estadístico (incluido en el apartado 3.3.5), considerando un valor de S de 6217,5, n de 63 y m de 93 (áreas de riego del litoral). De esta forma el valor del mismo es de -3,91, siendo el valor de la distribución normal estándar de -1,96. Por tanto, estadísticamente no se puede asumir una población homogénea. A continuación se muestran los detalles del cálculo del estadístico.

Ef. BCC	Codigo	Nombre	Orden	Ranking	Córdoba	Jaén	Sevilla	Total
1	101	Los Guiraos	1	10	0	0	0	0
1	150	Poniente	2	10	0	0	0	0
1	156	Campo de Níjar	3	10	0	0	0	0
1	210	Riegos S. Grazalema	4	10	0	0	0	0
1	221	Riegos del Barbate	5	10	0	0	0	0
1	222	Cabecera del Barbate	6	10	0	0	0	0
1	309	San Antonio	7	10	10	0	0	10
1	407	Otros riegos Guadix	8	10	0	0	0	0
1	502	Condado Litoral	9	10	0	0	0	0
1	550	Múrtigas	10	10	0	0	0	0
1	555	Punta Umbría	11	10	0	0	0	0
1	558	Andévalo	12	10	0	0	0	0
1	559	Sierra Aracena	13	10	0	0	0	0
1	560	Palos-Moguer	14	10	0	0	0	0
1	756	Almargen	15	10	0	0	0	0
1	814	Vega de Gelves	16	10	0	0	10	10
1	830	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XII	17	10	0	0	10	10

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Ef. BCC	Codigo	Nombre	Orden	Ranking	Córdoba	Jaén	Sevilla	Total
1	831	Z.R. Bajo Guadalquivir: Privados B-XII	18	10	0	0	10	10
1	832	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XI Sur	19	10	0	0	10	10
0,827	160	Z.R. Cuevas de Alanzora	20	20	0	0	0	0
0,811	815	Riego del Arroz	21	21	0	0	21	21
0,756	455	Zafarraya	22	22	0	0	0	0
0,724	503	Condado Guadalquivir	23	23	0	0	0	0
0,684	153	Bajo Andarax	24	24	0	0	0	0
0,603	204	Campaña Jerez	25	25	0	0	0	0
0,582	161	El Saltador	26	26,5	0	0	0	0
0,582	406	Comarca de Alhama	27	26,5	0	0	0	0
0,567	409	Comarca Montefrío	28	28	0	0	0	0
0,559	450	Río Verde	29	29,5	0	0	0	0
0,559	501	Almonte-Marismas	30	29,5	0	0	0	0
0,558	306	Z.R. Fuente Palmera	31	31	31	0	0	31
0,551	220	Z.R. Barbate	32	32	0	0	0	0
0,542	553	Chanza	33	33	0	0	0	0
0,532	157	Bajo Alanzora	34	34	0	0	0	0
0,527	208	Z.R. Villamartín	35	35,5	0	0	0	0
0,527	562	Villanueva-Villablanca	36	35,5	0	0	0	0
0,522	404	Comarca de Guadix	37	37	0	0	0	0
0,521	205	Z.R. Bornos M.Izda.	38	38	0	0	0	0
0,52	454	Otros riegos comarca de la Costa	39	39	0	0	0	0
0,511	405	Comarca de la Vega	40	40	0	0	0	0
0,505	557	Sur-Andévalo	41	41	0	0	0	0
0,504	102	Riegos de Pulpí	42	42	0	0	0	0
0,5	206	S.Andrés y Buenavista	43	44,5	0	0	0	0
0,5	500	Rivera de Huelva	44	44,5	0	0	0	0
0,5	755	EL Burgo-Turón	45	44,5	0	0	0	0
0,5	765	Laguna Fuente Piedra	46	44,5	0	0	0	0
0,499	400	Z.R. Cacín	47	47,5	0	0	0	0
0,499	456	Riegos de Contraviesa	48	47,5	0	0	0	0
0,485	451	Motril-Salobreña (C-50)	49	49	0	0	0	0
0,481	202	Z.R. Bajo Guadalete	50	50	0	0	0	0
0,478	452	Motril-Salobreña (C-100 Y 200)	51	51	0	0	0	0
0,473	554	Ayamonte	52	52	0	0	0	0
0,47	401	Comarca de Baza	53	53	0	0	0	0
0,469	203	Z.R. Guadalcaçin	54	54	0	0	0	0
0,466	603	Mengibar-Villargordo	55	55	0	55	0	55
0,465	602	Vegas Bajas	56	56	0	56	0	56
0,464	209	Riegos Guadalporcún	57	57,5	0	0	0	0
0,464	561	Condado-Andévalo	58	57,5	0	0	0	0
0,463	556	Entre Chanza y Sur-Andévalo	59	59,5	0	0	0	0
0,463	805	Z.R. Almonte-Marisma (Sector-I)	60	59,5	0	0	59,5	59,5
0,46	769	Axarquía Este	61	61	0	0	0	0
0,451	162	Higueral de Tíjola	62	62	0	0	0	0
0,45	403	Comarca de Huéscar	63	63	0	0	0	0
0,443	807	Z.R. Bajo Guadalquivir y Norte B-XI	64	64	0	0	64	64
0,442	201	Riegos Conil/Chiclana	65	65	0	0	0	0
0,438	100	Los Vélez	66	66	0	0	0	0

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Ef. BCC	Codigo	Nombre	Orden	Ranking	Córdoba	Jaén	Sevilla	Total
0,434	453	Motril-Salobreña (C>200)	67	67	0	0	0	0
0,432	552	Subsistema 8.4	68	68	0	0	0	0
0,427	601	Z.R. del Rumblar	69	69	0	69	0	69
0,421	251	Bahía de Algeciras	70	70,5	0	0	0	0
0,421	605	Vegas Medias	71	70,5	0	70,5	0	70,5
0,418	608	Vegas Altas	72	72	0	72	0	72
0,408	207	Z.R. Coto de Bornos	73	73	0	0	0	0
0,407	158	Medio Almanzora	74	74	0	0	0	0
0,402	305	Z.R. Genil-Cabra	75	75,5	75,5	0	0	75,5
0,402	821	Río Genil	76	75,5	0	0	75,5	75,5
0,386	701	Arroyo Albina (Yeguas)	77	77	0	0	0	0
0,379	457	Alpujarra	78	78	0	0	0	0
0,375	253	San Pablo de Buceite	79	79	0	0	0	0
0,37	806	Z.R. Vega de Coria	80	80	0	0	80	80
0,366	159	Alto Almanzora	81	81	0	0	0	0
0,364	551	Subsistema 8.1, 8.2, 8.3	82	82	0	0	0	0
0,362	609	Donadío	83	83	0	83	0	83
0,358	606	Salado de Arjona	84	84	0	84	0	84
0,35	607	Jandulilla	85	85,5	0	85,5	0	85,5
0,35	761	El Chorro-Las Piedras	86	85,5	0	0	0	0
0,345	604	Guadalen	87	87	0	87	0	87
0,344	750	Guadiaro	88	88	0	0	0	0
0,343	614	Campiña Norte	89	89,5	0	89,5	0	89,5
0,343	615	Sierra Morena	90	89,5	0	89,5	0	89,5
0,338	754	Guadalteba	91	91	0	0	0	0
0,336	766	Río Vélez	92	92	0	0	0	0
0,335	620	Sierra Magina	93	93	0	93	0	93
0,334	200	Z.R. Costa-Noroeste	94	94,5	0	0	0	0
0,334	616	Campiña Sur	95	94,5	0	94,5	0	94,5
0,333	155	Campo de Tabernas	96	97,5	0	0	0	0
0,333	256	Hozgarganta	97	97,5	0	0	0	0
0,333	612	La Loma	98	97,5	0	97,5	0	97,5
0,333	751	Genal	99	97,5	0	0	0	0
0,332	613	El Condado	100	100	0	100	0	100
0,331	767	Río de la Cueva	101	101	0	0	0	0
0,322	617	Sierra Sur	102	102,5	0	102,5	0	102,5
0,322	618	Cazorla	103	102,5	0	102,5	0	102,5
0,317	308	Algallarín	104	104	104	0	0	104
0,314	753	Ojén-Benalmádena	105	105	0	0	0	0
0,311	610	Guadalmena	106	106	0	106	0	106
0,308	619	Segura	107	107	0	107	0	107
0,305	611	Guadalentín	108	108	0	108	0	108
0,304	301	Z.R. Bembézar M.Izda.	109	109,5	109,5	0	0	109,5
0,304	312	Campiña Baja	110	109,5	109,5	0	0	109,5
0,299	408	Comarca Iznalloz	111	111	0	0	0	0
0,298	300	Z.R. Guadalmellato	112	112	112	0	0	112
0,295	808	Riegos privados Bajo Guadalquivir Campiña La Campana-La Luisiana-	113	113,5	0	0	113,5	113,5
0,295	820	Fuentes de Andaluc.	114	113,5	0	0	113,5	113,5

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

Ef. BCC	Codigo	Nombre	Orden	Ranking	Córdoba	Jaén	Sevilla	Total
0,289	650	Cuenca del Segura	115	115	0	115	0	115
0,288	458	Valle de Lecrín	116	116,5	0	0	0	0
0,288	833	Los Humosos	117	116,5	0	0	116,5	116,5
0,287	230	Z.R. Monte Algaida	118	118	0	0	0	0
0,286	801	Z.R. Viar	119	119	0	0	119	119
0,278	762	Cabecera Guadalhorce	120	120	0	0	0	0
0,272	303	Z.R. Genil M.Dcha.	121	121	121	0	0	121
0,27	803	Z.R. Bembézar M. Dcha.	122	122,5	0	0	122,5	122,5
0,27	822	Norte de la Comarca de Las Marismas	123	122,5	0	0	122,5	122,5
0,268	350	Los Pedroches	124	124	124	0	0	124
0,264	307	Maruanas	125	125	125	0	0	125
0,258	752	Marbella-Estepona	126	126,5	0	0	0	0
0,258	804	Z.R. Salado de Morón	127	126,5	0	0	126,5	126,5
0,254	802	Z.R. Valle Inferior Guadalquivir	128	128	0	0	128	128
0,253	310	Sierra Boyera	129	129	129	0	0	129
0,25	151	Alto Andarax	130	130	0	0	0	0
0,247	304	Z.R. Genil M.Izda.	131	131	131	0	0	131
0,246	315	Las Colonias	132	132	132	0	0	132
0,243	811	Sierra Norte	133	133	0	0	133	133
0,236	809	Otros riegos de la Vega	134	134	0	0	134	134
0,234	311	Sierra Morena	135	135	135	0	0	135
0,231	763	Z.R. Llanos de Antequera	136	136	0	0	0	0
0,229	252	Genal-Guadiaro	137	137	0	0	0	0
0,227	250	Z.R. Guadarranque	138	138	0	0	0	0
0,225	313	Campaña Alta	139	139	139	0	0	139
0,224	254	San Martín del Tesorillo	140	140	0	0	0	0
0,217	764	Otros Antequera-Archidona	141	141	0	0	0	0
0,212	768	Río Guaro	142	142	0	0	0	0
0,198	816	Campaña Utrera-Lebrija	143	143	0	0	143	143
0,195	152	Nacimiento	144	144	0	0	0	0
0,191	818	Los Alcores	145	145	0	0	145	145
0,188	759	Las Cañas	146	146	0	0	0	0
0,186	810	Aljarafe	147	147	0	0	147	147
0,183	760	Río Grande	148	148,5	0	0	0	0
0,183	819	Río Corbones	149	148,5	0	0	148,5	148,5
0,178	813	Sierra Sur	150	150	0	0	150	150
0,172	314	Penibética	151	151	151	0	0	151
0,17	758	Alrededor Z.R. Guadalhorce	152	152	0	0	0	0
0,169	757	Z.R. Guadalhorce	153	153,5	0	0	0	0
0,169	817	Río Guadaira	154	153,5	0	0	153,5	153,5
0,166	154	Medio Andarax	155	155	0	0	0	0
0,165	812	Comarca de Estepa	156	156	0	0	156	156
			Suma	12246			Suma	6217,5
			m	93			n	63

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Valor del estadístico T	-3,91
Distribución normal con un nivel de significación del 5 %	-1,96

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

ANEJO 3.4. EFICIENCIAS Y REDUCCIONES DE LAS ÁREAS DE RIEGO DE INTERIOR

El presente anejo muestra la eficiencia BCC obtenida al aplicar el modelo a las áreas de riego incluidas en las provincias de Córdoba, Jaén y Sevilla. Además se incluye la reducción que cada área de riego debería aplicar a su superficie regada, al consumo de agua y al empleo para situarse en la frontera de producción eficiente.

Codigo	Nombre	Eficiencia		% de reducción	
		BCC	Superficie regada	Consumo agua	Empleo
300	Z.R. Guadalquivir	0,44	56,0	68,0	56,0
301	Z.R. Bembézar M.Izda.	0,524	47,6	61,7	47,6
303	Z.R. Genil M.Dcha.	0,437	56,3	67,5	56,3
304	Z.R. Genil M.Izda.	0,391	60,9	70,4	60,9
305	Z.R. Genil-Cabra	0,937	6,3	6,3	6,3
306	Z.R. Fuente Palmera	0,776	43,3	22,4	22,4
307	Maruanas	0,298	70,2	75,8	70,2
308	Algallarín	0,519	48,1	58,0	48,1
309	San Antonio	1	0,0	0,0	0,0
310	Sierra Boyera	0,324	69,3	67,6	67,6
311	Sierra Morena	0,458	55,1	54,2	54,2
312	Campaña Baja	0,624	43,9	37,6	37,6
313	Campaña Alta	0,479	62,1	52,1	52,1
314	Penibética	0,519	52,6	48,1	64,3
315	Las Colonias	0,497	63,1	50,3	50,3
350	Los Pedroches	0,527	52,3	47,3	47,3
601	Z.R. del Rumbiar	0,668	33,5	33,2	33,2
602	Vegas Bajas	0,743	25,7	32,1	25,7
603	Mengíbar-Villargordo	0,713	50,2	28,7	28,7
604	Guadalen	0,596	41,6	40,4	40,4
605	Vegas Medias	0,614	38,6	38,6	38,6
606	Salado de Arjona	0,653	52,1	34,7	34,7
607	Jandulilla	0,877	62,0	12,3	27,4
608	Vegas Altas	0,677	32,3	38,7	32,3
609	Donadío	0,617	54,2	38,3	38,3
610	Guadalmena	0,555	49,6	44,5	44,5
611	Guadalentín	0,572	57,7	42,8	42,8
612	La Loma	1	0,0	0,0	0,0
613	El Condado	0,729	67,4	27,1	28,2
614	Campaña Norte	0,921	13,8	7,9	7,9
615	Sierra Morena	0,694	59,7	30,6	30,6
616	Campaña Sur	0,91	11,2	9,0	9,0
617	Sierra Sur	0,682	61,2	31,8	31,8
618	Cazorla	0,706	42,4	29,4	29,4
619	Segura	0,617	51,4	38,3	38,3

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Codigo	Nombre	Eficiencia		% de reducción	
		BCC	Superficie regada	Consumo agua	Empleo
620	Sierra Magina	0,928	7,2	7,2	7,2
650	Cuenca del Segura	0,528	47,2	59,8	47,2
801	Z.R. Viar	0,91	9,0	9,0	9,0
802	Z.R. Valle Inferior Guadalquivir	1	0,0	0,0	0,0
803	Z.R. Bembézar M. Dcha.	0,585	41,5	47,6	41,5
804	Z.R. Salado de Morón	0,282	71,8	71,8	71,8
805	Z.R. Almonte-Marisma (Sector-I)	1	0,0	0,0	0,0
806	Z.R. Vega de Coria	0,563	43,7	43,7	43,7
807	Z.R. Bajo Guadalquivir y Norte B-XI	0,758	24,2	24,2	24,2
808	Riegos privados Bajo Guadalquivir	0,674	32,6	32,6	32,6
809	Otros riegos de la Vega	0,761	23,9	23,9	26,9
810	Aljarafe	0,506	66,1	49,4	60,5
811	Sierra Norte	0,484	65,1	51,6	51,6
812	Comarca de Estepa	0,387	73,7	61,3	64,9
813	Sierra Sur	0,507	69,8	49,3	62,5
814	Vega de Gelves	1	0,0	0,0	0,0
815	Riego del Arroz	1	0,0	0,0	0,0
816	Campaña Utrera-Lebrija	0,41	71,9	59,0	59,0
817	Río Guadaira	0,576	62,9	42,4	66,0
818	Los Alcores	0,468	62,0	53,2	59,4
819	Río Corbones	0,385	68,1	61,5	61,5
820	Campaña La Campana-La Luisiana-Fuentes de Andaluc.	0,526	58,3	47,4	47,4
821	Río Genil	0,69	31,0	31,0	31,0
822	Norte de la Comarca de Las Marismas	0,567	43,3	53,0	43,3
830	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XII	1	0,0	0,0	0,0
831	Z.R. Bajo Guadalquivir: Privados B-XII	1	0,0	0,0	0,0
832	Z.R. Bajo Guadalquivir: B-XI Sur	1	0,0	0,0	0,0
833	Los Humosos	0,541	73,5	45,9	45,9

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

ANEJO 3.5. EFICIENCIAS Y REDUCCIONES DE LAS ÁREAS DE RIEGO DEL ATLÁNTICO

El presente anejo muestra la eficiencia BCC obtenida al aplicar el modelo a las áreas de riego incluidas en las provincias de Cádiz y Huelva. Además se incluye la reducción que cada área de riego debería aplicar a su superficie regada, al consumo de agua y al empleo para situarse en la frontera de producción eficiente.

Código	Nombre	Eficiencia		% de Reducción	
		BCC	Superficie regada	Consumo agua	Empleo
200	Z.R. Costa-Noroeste	0,575	42,5	53,6	42,5
201	Riegos Conil/Chiclana	0,711	30,9	28,9	28,9
202	Z.R. Bajo Guadalete	0,851	48,0	58,3	14,9
203	Z.R. Guadalcazín	0,91	70,7	81,2	9,0
204	Campaña Jerez	1	0,0	0,0	0,0
205	Z.R. Bornos M.Izda.	0,904	38,1	49,3	9,6
206	S.Andrés y Buenavista	0,568	43,2	43,2	62,9
207	Z.R. Coto de Bornos	0,543	45,7	46,8	45,7
208	Z.R. Villamartín	0,889	22,1	42,9	11,1
209	Riegos Guadalporcún	0,77	23,0	46,5	23,0
210	Riegos S. Grazalema	1	1,9	0,0	1,9
220	Z.R. Barbate	0,998	71,9	74,1	0,2
221	Riegos del Barbate	1	0,0	0,0	0,0
222	Cabecera del Barbate	1	0,0	0,0	0,0
230	Z.R. Monte Algaida	0,389	61,1	68,3	61,1
250	Z.R. Guadarranque	0,356	66,0	64,4	64,4
251	Bahía de Algeciras	0,468	53,2	53,2	58,3
252	Genal-Guadiaro	0,381	61,9	70,5	61,9
253	San Pablo de Buceite	0,39	61,0	61,0	62,8
254	San Martín del Tesorillo	0,323	67,7	81,7	67,7
256	Hozgarganta	0,412	58,8	63,1	58,8
500	Rivera de Huelva	0,519	48,1	48,7	48,1
501	Almonte-Marismas	0,9	10,0	16,5	10,0
502	Condado Litoral	1	0,0	0,0	0,0
503	Condado Guadalquivir	1	0,0	0,0	0,0
550	Múrtigas	1	47,3	0,0	50,9
551	Subsistema 8.1, 8.2, 8.3	0,557	44,3	46,1	44,3
552	Subsistema 8.4	0,655	34,5	44,7	34,5
553	Chanza	1	0,0	0,0	0,0
554	Ayamonte	0,753	24,7	51,0	24,7
555	Punta Umbría	1	0,0	0,0	0,0
556	Entre Chanza y Sur-Andévalo	0,757	42,9	24,3	24,3
557	Sur-Andévalo	0,865	13,5	16,1	13,5
558	Andévalo	1	0,0	0,0	0,0

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Codigo	Nombre	Eficiencia		% de Reducción	
		BCC	Superficie regada	Consumo agua	Empleo
559	Sierra Aracena	1	4,0	0,0	4,0
560	Palos-Moguer	1	0,0	0,0	0,0
561	Condado-Andévalo	0,775	44,7	22,5	22,5
562	Villanueva-Villablanca	0,889	11,6	11,1	11,1

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE REGADÍOS EXISTENTES EN
ANDALUCÍA MEDIANTE TÉCNICAS DEA

ANEJO 3.6. EFICIENCIAS Y REDUCCIONES DE LAS ÁREAS DE RIEGO DEL MEDITERRÁNEO

El presente anejo muestra la eficiencia BCC obtenida al aplicar el modelo a las áreas de riego incluidas en las provincias de Almería, Granada y Málaga. Además se incluye la reducción que cada área de riego debería aplicar a su superficie regada, al consumo de agua y al empleo para situarse en la frontera de producción eficiente.

Codigo	Nombre	Eficiencia		% de reducción	
		BCC	Superficie regada	Consumo agua	Empleo
100	Los Vélez	0,457	81,9	71,7	54,3
101	Los Guiraos	1	0,0	0,0	0,0
102	Riegos de Pulpí	0,518	72,9	72,7	48,2
150	Poniente	1	0,0	0,0	0,0
151	Alto Andarax	0,25	81,8	75,0	81,2
152	Nacimiento	0,196	91,6	81,7	80,4
153	Bajo Andarax	0,692	37,8	30,8	37,2
154	Medio Andarax	0,167	87,0	83,3	83,9
155	Campo de Tabernas	0,34	86,8	66,0	71,4
156	Campo de Níjar	1	0,0	0,0	0,0
157	Bajo Almanzora	0,542	70,6	75,7	45,8
158	Medio Almanzora	0,418	79,2	74,8	58,2
159	Alto Almanzora	0,379	84,0	77,0	62,1
160	Z.R. Cuevas de Almanzora	0,841	53,9	44,8	15,9
161	El Saltador	0,598	65,3	65,5	40,2
162	Higueral de Tíjola	0,46	60,7	63,2	54,0
400	Z.R. Cacín	0,521	88,7	80,9	47,9
401	Comarca de Baza	0,499	93,7	87,0	50,1
403	Comarca de Huéscar	0,481	91,0	86,2	51,9
404	Comarca de Guadix	0,542	91,2	81,9	45,8
405	Comarca de la Vega	0,528	88,7	82,3	47,2
406	Comarca de Alhama	0,609	83,7	75,2	39,1
407	Otros riegos Guadix	1	0,0	0,0	0,0
408	Comarca Iznalloz	0,313	93,6	81,8	68,7
409	Comarca Montefrío	0,6	85,1	76,1	40,0
450	Río Verde	0,594	81,6	84,4	40,6
451	Motril-Salobreña (C-50)	0,511	80,2	83,9	48,9
452	Motril-Salobreña (C-100 Y 200)	0,497	78,2	81,3	50,3
453	Motril-Salobreña (C>200)	0,458	69,2	80,4	54,2
454	Otros riegos comarca de la Costa	0,544	75,0	75,1	45,6
455	Zafarraya	0,798	66,7	63,4	20,2
456	Riegos de Contraviesa	0,501	52,7	52,9	49,9
457	Alpujarra	0,394	87,9	86,0	60,6
458	Valle de Lecrín	0,306	88,3	87,2	69,4

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Codigo	Nombre	Eficiencia		% de reducción	
		BCC	Superficie regada	Consumo agua	Empleo
701	Arroyo Albina (Yeguas)	0,532	59,7	66,7	46,8
750	Guadiaro	0,355	68,6	77,7	64,5
751	Genal	0,529	47,1	66,7	47,1
752	Marbella-Estepona	0,267	78,7	89,7	73,3
753	Ojén-Benalmádena	0,331	83,9	82,1	66,9
754	Guadalteba	0,359	75,3	66,7	64,1
755	EL Burgo-Turón	0,594	40,6	50,0	40,6
756	Almargen	1	55,2	0,0	28,0
757	Z.R. Guadalhorce	0,172	89,5	90,1	82,8
758	Alrededor Z.R. Guadalhorce	0,176	88,7	89,8	82,4
759	Las Cañas	0,219	78,1	83,3	80,1
760	Río Grande	0,189	86,9	91,6	81,1
761	El Chorro-Las Piedras	0,512	48,8	66,7	55,0
762	Cabecera Guadalhorce	0,297	87,7	89,8	70,3
763	Z.R. Llanos de Antequera	0,231	91,0	77,5	76,9
764	Otros Antequera-Archidona	0,229	93,4	87,3	77,1
765	Laguna Fuente Piedra	0,574	70,0	50,0	42,6
766	Río Vélez	0,342	80,5	83,3	65,8
767	Río de la Cueva	0,341	74,0	75,8	65,9
768	Río Guaro	0,224	86,3	88,9	77,6
769	Axarquía Este	0,468	67,5	68,2	53,2



Capítulo 4

Aplicación de los indicadores de gestión a las Comunidades de Regantes de Andalucía

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

4.1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de las técnicas de análisis de fronteras de producción ha permitido identificar los distintos tipos de regadíos existentes en Andalucía, la cual puede considerarse como un paso previo a la aplicación de los indicadores de gestión, en la que fueron seleccionados los regadíos más interesantes para ser caracterizados mediante indicadores.

En este capítulo se aplican un conjunto de indicadores de gestión a una serie de Comunidades de Regantes, características de los distintos tipos de regadíos andaluces. La aplicación de estos indicadores y la posterior comparación de los mismos mediante técnicas de benchmarking será una herramienta muy útil para la detección de los problemas actuales existentes en las zonas regables, además de dar soluciones para la mejora, basadas en las comparaciones con otras zonas.

Para la caracterización se han empleado como base los indicadores desarrollados por el IPTRID (ligeramente adaptados), además de una posterior ampliación de los indicadores financieros, desarrollados en este trabajo.

En este estudio se analiza gran parte de la variabilidad existente dentro del regadío andaluz, caracterizando Comunidades de Regantes para una serie de años, lo que permitirá comparar no solo unas comunidades con otras sino también un estudio de series históricas de los valores de los indicadores de gestión.

Mediante esta aplicación de las técnicas de benchmarking, se determinará qué Comunidades de Regantes podrían ser consideradas como puntos de referencia dentro

de cada uno de los tipos de regadíos andaluces, así como las relaciones causa-efecto que las han llevado a una buena o a una mala utilización de los distintos recursos.

4.2. COMUNIDADES DE REGANTES E INDICADORES DE GESTIÓN

4.2.1. Las Comunidades de Regantes

4.2.1.1. Definición y origen

La Comunidad de Regantes podría definirse como un tipo de organización, en la que los agricultores se asocian con la intención de autogestionarse para distribuir el agua de riego de una manera eficaz, ordenada y equitativa (Del Campo, 2002).

La antigüedad de las Comunidades de Regantes españolas hace que su origen sea difícil de establecer, más aún si se tiene en cuenta que las primeras normas y reglas de gestión del agua estaban basadas en el derecho consuetudinario, esto es, en la costumbre, que se transmitían verbalmente entre generaciones y que contenían experiencias muy contrastadas por sus aplicaciones prácticas, con el tiempo, estas prácticas se plasmaron en ordenanzas escritas. Estas organizaciones entre usuarios del agua pueden ser consideradas como las primeras Comunidades de Regantes.

4.2.1.2. Marco legal de las Comunidades de Regantes

Hoy en día, la Administración obliga a todos los futuros usuarios del agua a constituirse en Comunidades de Regantes. El marco jurídico en que se basan es la ley de aguas vigente, allí se establece la estructura de una comunidad, sus competencias y sus potestades.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

La primera ley de aguas promulgada en España fue la de 1866, sustituida por la más completa de 1879, en la que ya se incorporan las Comunidades de Regantes al ordenamiento jurídico español.

Esta ley no fue modificada hasta 1985, en la que se generaliza el modelo de Comunidad de Regantes para todos los tipos de usuarios. Esta ley ha sido reformada el 1999, potenciando aspectos como los ambientales y tratando de hacer partícipes a los usuarios del agua con la Administración Hidráulica, a efectos de gestión, financiación y planificación..

La ley de aguas establece que la organización de las comunidades de usuarios y la gestión de los bienes deben estar regulados en los estatutos y ordenanzas, los cuales son redactados y aprobados por los usuarios y, posteriormente, deben ser aprobados por el organismo de cuenca. En ellos se obliga a los usuarios a satisfacer, en equitativa proporción, los gastos comunes de explotación, conservación, reparación y mejora. Por tanto, por ley, la comunidad de regantes es la entidad encargada de toda la gestión de la zona regable, incluyéndose entre sus competencias el mantenimiento de la red de riego, algo muy importante y que diferencia a las comunidades de otros organismos similares de otras partes del mundo, en donde no está claramente definido si son o no los regantes los encargados del mantenimiento, lo que produce un progresivo y rápido deterioro de las infraestructuras hidráulicas.

De aquí se puede deducir una nueva definición de Comunidad de Regantes, que podría ser definida como: “agrupación de todos los propietarios de una zona regable, que se unen obligatoriamente por ley, para la administración autónoma y común de las aguas públicas, sin ánimo de lucro”.

4.2.1.3. Funciones de las Comunidades de Regantes

La principal función de las Comunidades de Regantes es la distribución y administración de las aguas públicas concedidas.

El que para la gestión de estos recursos hídricos los usuarios deban asociarse en Comunidades de Regantes se debe a la existencia de unos bienes comunes como son:

- Agua.
- Obras hidráulicas de conducción y distribución de agua.
- Servidumbres originadas por las obras realizadas.

Los reglamentos, estatutos u ordenanzas obligan a que todos los usuarios satisfagan los gastos comunes derivados de la gestión de dichos bienes.

4.2.1.4. Las Comunidades de Regantes y los indicadores de gestión

El que las Comunidades de Regantes sean organismos independientes, encargados de la gestión de las infraestructuras y de la prestación de los servicios de suministro de agua, con la consecuente gestión financiera que todo ello implica, hace que sean las unidades susceptibles de ser estudiadas mediante indicadores de gestión y el posterior análisis mediante técnicas de benchmarking dentro del marco del regadío en España.

Aunque el que la Comunidad de Regantes sea la unidad independiente para ser estudiada parezca una deducción obvia, no lo resulta tanto si se piensa que es un tipo de organización única en el mundo, con algunas características similares pero, a su vez, algunas distintas a los Irrigation Water Providers en Australia (Hydro Environmental, 2002), las unidades de riego en México (Dayton-Johnson, 1999) o los Irrigation Districts en Estados Unidos (Irrigation Training and Research Center, 2002). En cada país, existe una organización de la gestión del agua de riego diferente, que puede variar según distintas características específicas como pueden ser la situación socioeconómica, el nivel tecnológico o la disponibilidad de agua.

4.2.2. Comunidades de Regantes seleccionadas

En el capítulo anterior se pudo comprobar la gran heterogeneidad existente en el regadío andaluz, destacándose principalmente los cultivos bajo invernadero y el cultivo de la fresa en el litoral, los cuales poseen una elevada productividad por hectárea, y los cultivos extensivos del interior, en donde probablemente el más representativo sea el monocultivo del olivar de Jaén.

En este trabajo se ha tratado de cubrir la mayor parte de dicha heterogeneidad que ha sido posible. 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 seleccionan varias Comunidades para ser estudiadas mediante los indicadores de gestión. Las Comunidades de Regantes seleccionadas, junto con la superficie de cada una de ellas, se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Comunidades de Regantes estudiadas

Comunidad de Regantes	Superficie (ha)
El Rumblar	5200
Genil-Cabra	15068
Guadalmellato	10849
Fuente Palmera	5260
El Villar	2726
Bembézar M.I.	3461
Bembézar M.D.	12000
Piedras-Guadiana	6336
Sector BXII	14643

Se han seleccionado ocho Comunidades con cultivos típicos de interior, dos de Sevilla (Sector B XII y Bembézar MD), cuatro 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 abiertos, encontrándose actualmente en un proceso de modernización. El resto de las Comunidades poseen redes a presión.

4.2.3. Objetivos de la caracterización de las Comunidades de Regantes mediante indicadores de gestión

Son varios los objetivos que se podrían conseguir mediante la caracterización de Comunidades de Regantes mediante indicadores de gestión y la posterior aplicación de las técnicas de benchmarking. A continuación se citan los más significativos y de una aplicación directa a la situación actual del regadío en España y en Andalucía en particular:

- El principal objetivo de la aplicación de las técnicas de benchmarking es el de conseguir mejoras en el rendimiento de Comunidades de Regantes y un mejor aprovechamiento de los recursos, mediante comparación de los rendimientos actuales de varias zonas y la determinación de las prácticas que llevan a un mayor rendimiento.
- Además de las comparaciones externas, estudiando distintas Comunidades de Regantes, las técnicas de benchmarking se pueden aplicar

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

a una misma Comunidad, tratándose del denominado benchmarking interno. Este tipo de comparación permite estudiar series históricas y, consecuentemente, qué prácticas han sido las que han llevado a una zona a su mejor gestión a lo largo de una determinada serie histórica.

- El estudio de series históricas para una misma zona es de especial interés en la comprobación de los efectos de una modernización, mediante la determinación de los indicadores de comportamiento existentes antes y después de la actuación. Las técnicas de benchmarking y la comparación de indicadores permitirían saber hasta qué punto se han conseguido los objetivos inicialmente perseguidos.

- La caracterización de una zona regable mediante indicadores de gestión, puede establecer una base que permita realizar recomendaciones específicas para la modernización y mejora del servicio de gestión y suministro del agua, al permitir conocer cuales son actualmente sus puntos fuertes y en cuales sería necesaria una actuación (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2001).

4.3. INDICADORES DE GESTIÓN EMPLEADOS

4.3.1. Indicadores desarrollados por el IPTRID

4.3.1.1. Características de los indicadores

Como ya se citó en el capítulo anterior, los indicadores de gestión desarrollados por el IPTRID (Malano y Burton, 2001) representan el primer intento de creación de un conjunto de indicadores de aplicación universal, en cuya creación colaboraron varias organizaciones internacionales relacionadas con la agricultura y especialmente con la gestión de regadíos (WB, FAO, ICID, IWMI e IPTRID).

Estos indicadores son aplicables a todos los tipos de regadíos del mundo y que permiten comparar zonas regables de muy diversa índole, correspondientes a países con distintas situaciones económicas, climáticas o incluso con distintos tipos de manejo del riego.

Además del desarrollo de esta serie de indicadores, también se estableció la metodología para la obtención de los mismos, especificándose detalladamente los procedimientos para la obtención de cada una de las variables que intervienen en su cálculo. También, se estableció un conjunto de descriptores de la zona regable, los cuales intentan caracterizar el entorno y la infraestructura existente en la zona.

En la actualidad, este conjunto de indicadores ha sido aplicado en varios países como son Australia, Egipto, India, México, Marruecos y España, disponiéndose de una, aún pequeña, serie de datos para aplicar comparaciones a escala internacional entre zonas regables de muy distintas características (González y Kandiah, 2003).

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

4.3.1.2. Descriptores

Los indicadores del IPTRID fueron desarrollados para poder ser aplicados a escala mundial. No obstante, para una correcta aplicación de las técnicas de benchmarking será necesario describir, con el mayor nivel de detalle posible, el entorno y la infraestructura existente. Esta descripción permitirá conocer qué zonas serían las adecuadas para ser comparadas entre sí, debido a que posean condiciones similares o diferentes, según sea el objetivo del estudio, además de ayudar en la determinación de las relaciones causa-efecto que han llevado a la comunidad a una buena o a una mala gestión.

No es totalmente necesario completar la totalidad de los descriptores, pero cuantos más elementos de conocimiento de la zona se tengan, será más positivo y completo el estudio realizado.

Al tratar de aplicar los descriptores desarrollados por el IPTRID a las Comunidades de Regantes de Andalucía, se ha podido comprobar que algunos de ellos no se adaptaban exactamente a la realidad actual del regadío andaluz, por lo que ha sido necesario modificar levemente algunos de ellos y añadir opciones de respuesta posibles a otros. En la Tabla 4.2 se muestra la serie de descriptores adaptados empleados en la caracterización.

Tabla 4.2. Descriptores de las zonas regables

Descriptor	Opciones posibles
Localización	
Provincia	
Nombre de la zona	
Latitud	
Longitud	

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Clima	Árido Semiárido Húmedo Tropical Mediterráneo Otros
Precipitación media anual (mm)	
Evapotranspiración media anual (mm)	
Evapotranspiración máxima diaria (mm)	
Tipo de suelo predominante	Arcilloso Arcilloso-limoso Limoso Franco-arenoso Arenoso
Institucionales	
Primer año de funcionamiento	
Tipo de Gestión	Pública Otros Compañías privadas Comunidades de regantes
Funciones de la entidad suministradora	Servicios de riegos y drenajes Gestión de recursos hídricos Gestión de reservas Control de caudales Suministro doméstico Piscifactorías Otros
Sistema de facturación	Por área regada Por tipo de cultivo y área Por volumen de agua Por riego Por árbol
Sistema de propiedad de la tierra	Pública Privada
Socio-económicos	
Número total de usuarios	
Producto nacional bruto	
Tipo de explotación	Producción económica Economía de subsistencia Mezcla negocio-subsistencia

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Marketing	Planes gubernamentales Empresas privadas Mercado local Mercado regional/nacional	
Política de precios	Controlados por el Gobierno Mercados locales Mercados internacionales	
Fuente y disponibilidad del agua		
Fuente del agua	Embalses Subterránea Río Superficial y subterránea Aguas residuales	
Disponibilidad de agua	Abundante Suficiente Escasa	
Duración de las estaciones de riego	(Meses por año)	
Tamaño		
Superficie total (ha)		
Número total de usuarios		
Tamaño medio de la explotación (ha)		
Superficie media anual en riego (ha)		
Intensidad de cultivos (%)		
Infraestructura de riegos		
Forma de suministro de agua	Gravedad Bombeo	
Infraestructura de distribución (Longitud y %)	Canales abiertos Tuberías	Revestido No revestido
Sistema de control de agua en conducciones libres	<p style="text-align: center;">Tipo</p> Ninguno Proporción fija Apertura y cierre manual Apertura automática Apertura automática con control central <p style="text-align: center;">Localización</p> Sólo en primer nivel (canal primario) En primer y segundo nivel	

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

	En primer, segundo y tercer nivel
Sistema de control de agua en conducciones forzadas	<p style="text-align: center;">Tipo</p> Ninguno Telecontrol <p style="text-align: center;">Localización</p> Sólo en primer nivel En primer y segundo nivel En primer, segundo y tercer nivel
Aforo del suministro de agua en conducciones libres	<p style="text-align: center;">Tipo</p> Medidor de flujo Vertedero fijo Secciones calibradas Compuertas calibradas <p style="text-align: center;">Localización</p> A escala de canal primario A escala de canal secundario A escala de canal terciario A escala de parcela
Aforo del suministro de agua en conducciones forzadas	<p style="text-align: center;">Tipo</p> Contador Caudalímetro <p style="text-align: center;">Localización</p> A escala de tubería principal A escala de tubería secundaria A escala de tubería terciaria A escala de parcela
Infraestructura de drenaje	
Área con drenaje superficial (ha)	
Tipo de drenaje superficial	Natural Construido Abierto Cerrado
Longitud del drenaje superficial (km)	Natural Construido Abierto

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

	Cerrado
Área con drenaje subsuperficial (ha)	
Número de puntos de medida del nivel de la capa freática	
Asignación y reparto del agua	
Método de distribución	A la demanda Por turnos Mixto
Intervalo programado entre riegos	Diario Semanal Quincenal Mensual Cada estación Nunca
Método de riego predominante	Gravedad Aspersión Localizado
Cultivos	
Cultivos principales	Cultivo Área ocupada por el cultivo % sobre la superficie total

4.3.1.3. Indicadores

Los indicadores de gestión son la herramienta para la aplicación de las técnicas de benchmarking. La comparación entre los valores de los mismos de varias Comunidades de Regantes va a permitir estudiar las posiciones relativas de unas Comunidades con respecto a otras, al mismo tiempo que darán a conocer los puntos fuertes y los puntos a mejorar en la gestión de la misma.

Los indicadores considerados han sido ligeramente adaptados de los desarrollados por el IPTRID (Malano y Burton, 2001), con el objetivo de adaptarlos, de la mejor forma posible, a las Comunidades de Regantes de nuestro entorno.

Los indicadores se dividen en los cuatro grupos siguientes:

- **Indicadores de Rendimiento**, relacionan la disponibilidad de agua y la superficie puesta en riego con las necesidades de los cultivos y la capacidad máxima de suministro de la red.
- **Indicadores Financieros**, relacionan los diferentes costes de la gestión de la comunidad (de manejo del sistema, de personal y de mantenimiento) con la superficie puesta en riego, los volúmenes de agua aplicados y el número total de personas empleadas.
- **Indicadores de Eficiencia en la Producción**, los cuales estudian las relaciones entre el valor de la producción agrícola con la superficie puesta en riego, los volúmenes de agua aplicados y las necesidades de los cultivos.
- **Indicadores Ambientales**, estudian la calidad del agua de riego, las variaciones en la profundidad de la capa freática y el balance de sales en el suelo.

Los indicadores se calculan mediante la combinación de una o más variables medibles en la realidad. En el IPTRID también se definió al mayor nivel de detalle posible la metodología para la obtención de cada una de las mismas con la finalidad de homogeneizar la toma de datos, debido a que estos van a ser tomados por técnicos con formaciones y medios muy distintos según la parte del mundo a la que pertenezcan. La metodología para la toma de cada una de las variables se adjunta en el Anejo 4.1.

En las tablas comprendidas entre la Tabla 4.3 y la Tabla 4.9 se detallan todos los indicadores de gestión empleados por el IPTRID y las variables que intervienen en el cálculo de cada uno de ellos.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.3. Indicadores de Rendimiento (Primera parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios (m ³)		Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)		Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)		Volumen total de agua superficial desviada al sistema más las extracciones netas de aguas subterráneas más el agua de lluvia. No se incluye la recirculación del drenaje interno.
Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m ³ /ha)	<u>Volumen de agua de riego que entra al sistema</u> Área regable	Volumen de agua de riego que entra al sistema: Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución. Área regable: Área puesta en riego mediante la infraestructura existente.
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	<u>Volumen de agua de riego que entra al sistema</u> Área regada	Volumen de agua de riego que entra al sistema: Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución. Área regada: Área total cultivada en regadío.
Eficiencia en la distribución	<u>Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios</u> Volumen de agua de riego que entra al sistema	Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios: Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor. Volumen de agua de riego que entra al sistema: Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.4. Indicadores de Rendimiento (Segunda parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Suministro relativo de agua	<p>Volumen total de agua que entra al sistema</p> <p>ET_c</p>	<p>Volumen total de agua que entra al sistema: Volumen total de agua superficial desviada al sistema más las extracciones netas de aguas subterráneas más el agua de lluvia. No se incluye la recirculación del drenaje interno.</p> <p>ET_c: Volumen de agua demandada por el cultivo. Para arroz se debe incluir la filtración.</p>
Suministro relativo de agua de riego	<p>Volumen de agua de riego que entra al sistema</p> <p>ET_c-P</p>	<p>Volumen de agua de riego que entra al sistema: Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.</p> <p>ET_c: Volumen de agua demandada por el cultivo.</p> <p>P: Precipitación efectiva durante la fase de crecimiento.</p>
Capacidad de distribución de agua	<p>Capacidad de suministro</p> <p>Demanda máxima de agua</p>	<p>Capacidad de suministro: Volumen de agua que puede suministrar sistema en la cabeza del mismo, durante el período de máxima demanda.</p> <p>Demanda máxima de agua: Punta de demanda calculada mediante ET_c-P.</p>
Número de días con el drenaje inundado		<p>Número de días en los que la salida del drenaje se encuentra inundada.</p>
Garantía de suministro (%)		<p>Garantía de suministro: Porcentaje de años en los que se puede suministrar la cantidad de agua a la que la zona tiene derecho.</p> <p>Derechos de agua: Volumen de agua al que la zona regable tiene derecho cada año.</p>

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.5. Indicadores Financieros (Primera parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Relación de recuperación de costes	$\frac{\text{Retornos brutos}}{\text{Costes de manejo del sistema}}$	<u>Retornos brutos</u> : Retornos brutos, como pago a los servicios por parte de los agricultores. <u>Costes de manejo del sistema</u> : Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación.
Relación de costes de mantenimiento y retornos	$\frac{\text{Costes de mantenimiento}}{\text{Retornos brutos}}$	<u>Costes de mantenimiento</u> : Gasto total en mantenimiento del sistema. <u>Retornos brutos</u> : Retornos brutos, como pago a los servicios por parte de los agricultores.
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	$\frac{\text{Costes de manejo del sistema}}{\text{Área regada}}$	<u>Costes de manejo del sistema</u> : Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación. <u>Área regada</u> : Área total cultivada en regadío.
Coste por persona empleada (€/persona)	$\frac{\text{Coste del personal relacionado con el riego y drenaje}}{\text{Número total de personas}}$	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> : Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. <u>Número total de personas</u> : Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento.
Eficiencia en el cobro	$\frac{\text{Retornos brutos}}{\text{Retornos brutos facturados}}$	<u>Retornos brutos</u> : Retornos brutos, como pago a los servicios por parte de los agricultores. <u>Retornos brutos facturados</u> : Cantidad total que se factura como pago a los servicios por parte de los agricultores.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.6. Indicadores Financieros (Segunda parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Empleados por unidad de área (personas/ha)	<p style="text-align: center;">____ Número total de personas Área regada</p>	<p>Número total de personas: Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. Área regada: Área total cultivada en regadío.</p>
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	<p style="text-align: center;">____ Retornos brutos Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios</p>	<p>Retornos brutos: Retornos brutos, como pago a los servicios por parte de los agricultores. Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios: Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.</p>
Coste de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	<p style="text-align: center;">____ Costes de manejo del sistema Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios</p>	<p>Costes de manejo del sistema: Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación. Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios: Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.</p>

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.7. Indicadores de Eficiencia en la Producción (Primera parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Producción agrícola (Tm)		Producción de cada uno de los cultivos en Tm.
Valor total de la producción agrícola (€)		Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local.
Productividad por unidad de regable (€/ha)	<u>Valor total de la producción agrícola</u> Área regable	Valor total de la <u>producción agrícola</u> : Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local. <u>Área regable</u> : Área puesta en riego mediante la infraestructura existente.
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	<u>Valor total de la producción agrícola</u> Área regada	Valor total de la <u>producción agrícola</u> : Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local. <u>Área regada</u> : Área total cultivada en regadío.
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	<u>Valor total de la producción agrícola</u> Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios	Valor total de la <u>producción agrícola</u> : Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local. <u>Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios</u> : Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	<u>Valor total de la producción agrícola</u> Volumen de agua de riego que entra al sistema	Valor total de la <u>producción agrícola</u> : Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local. <u>Volumen de agua de riego que entra al sistema</u> : Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.8. Indicadores de Eficiencia en la Producción (Segunda parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	$\frac{\text{Valor total de la producción agrícola}}{\text{Volumen total de agua que entra al sistema}}$	<p>Valor total de la producción agrícola: Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local.</p> <p>Volumen total de agua que entra al sistema: Volumen total de agua superficial desviada al sistema más las extracciones netas de aguas subterráneas más el agua de lluvia. No se incluye la recirculación del drenaje interno.</p>
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	$\frac{\text{Valor total de la producción agrícola}}{ET_c}$	<p>Valor total de la producción agrícola: Cantidad total recibida por los agricultores, estimado a precios de mercado local.</p> <p>ET_c: Volumen de agua demandada por el cultivo. Para arroz se debe incluir la filtración.</p>

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.9. *Indicadores Ambientales*

Indicador	Definición	Especificaciones
Calidad del agua: salinidad (dS/m)	Conductividad eléctrica del agua de riego y de drenaje	Conductividad eléctrica, expresada en dS/m
Profundidad media de la capa freática (m)	Profundidad media de la capa freática	Profundidad media de la capa freática, expresada en metros.
Calidad del agua: biológica (mg/L)	Demanda biológica de oxígeno (DBO)	DBO del agua de riego y de drenaje.
Calidad del agua: química (mg/L)	Demanda química de oxígeno (DQO)	DQO del agua de riego y de drenaje.
Cambio en la profundidad de la capa freática (m)	Cambio en la profundidad de la capa freática	Cambio en la profundidad media de la capa freática durante los últimos 5 años.
Balance de sales (t)	Cantidad de sales que entran al sistema- Cantidad de sales que abandonan el sistema	Cantidad de sales que entran al sistema: cantidad de sales que entran al sistema con el agua de riego, expresado en t. Cantidad de sales que abandonan el sistema: cantidad de sales que abandonan el sistema mediante lavado, expresado en t.

4.3.2. Ampliación de indicadores financieros

4.3.2.1. Necesidad de desarrollar nuevos indicadores

Los indicadores desarrollados por el IPTRID tratan los cuatro grandes grupos que comprenden la gestión de una Comunidad de Regantes. No obstante, tras analizar varias Comunidades de Regantes, se pensó que los indicadores financieros no eran suficientes para explicar todos los aspectos que engloba la gestión financiera de una Comunidad de Regantes típica de Andalucía.

En una Comunidad de Regantes, los comuneros deberán satisfacer mediante sus cuotas tres conceptos:

- **Gastos generales**, los cuales suelen ser pagados proporcionalmente a la superficie que posee cada usuario (coste por ha) y engloban los gastos de mantenimiento de la red, costes de personal y los gastos de gestión de la Comunidad (gastos administrativos, seguros, tasas, etc.).
- **Gastos energéticos**, los cuales incluyen todos los costes derivados de la energía necesaria para el bombeo del agua (en caso de ser necesario). Estos gastos se cobran a los usuarios por volumen de agua consumida (m³).
- **Gastos de Confederación Hidrográfica**, es la cantidad que debe pagar la Comunidad al organismo gestor de la cuenca, como canon por los derechos del agua y tarifa por amortizaciones de las obras realizadas. Esta cantidad, al menos en las Comunidades pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, es pagada proporcionalmente a la superficie de cada comunero. La Comunidad de Regantes es la gestora de esa cantidad, cobrando el importe de la tarifa y el canon a cada comunero y, posteriormente, pagando ese dinero a la Confederación.

La ampliación de los indicadores financieros se ha desarrollado con la intención de tratar de forma independiente cada una de estas partidas, relacionándolas con el coste total de manejo de la Comunidad, con el objetivo de poder clasificar de una manera más

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

acertada, la gestión financiera de una Comunidad de Regantes, la cual es una de las que tiene más posibilidades de mejora. Esta ampliación pretende afinar, aún más, el estudio de benchmarking, lo que permitirá dar unas líneas de mejora más acertadas a cada Comunidad estudiada, además de precisar los tipos de Comunidades de Regantes y la problemática derivada de la gestión de cada una de ellas.

Además de las tres partidas anteriormente indicadas, se pensó que sería interesante tratar también de forma independiente el coste del personal empleado y sus relaciones con los costes de manejo, debido a que, pese a estar incluido en los gastos generales, representa por si mismo uno de los gastos más elevados de la gestión de las Comunidades y un conocimiento más preciso y detallado del mismo podría dar una idea bastante acertada de las necesidades de mantenimiento de la zona y de la problemática derivada de la gestión del riego en la misma.

4.3.2.2. Nuevos indicadores

Como se explicó en el apartado anterior, la ampliación de Indicadores Financieros se divide en cuatro grandes grupos. Dichos grupos son los siguientes:

- Costes Energéticos
- Gastos Generales
- Costes de Confederación Hidrográfica
- Coste de Personal

Los nuevos indicadores relacionan cada uno de esos costes con los volúmenes de agua que entran al sistema, la superficie puesta en riego y los costes de manejo del sistema.

La relación completa de los nuevos indicadores desarrollados se incluye en las tablas comprendidas entre la Tabla 4.10 y la Tabla 4.15.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.10. Indicadores de Costes Energéticos

Indicador	Definición	Especificaciones
Coste energético por unidad de área regable (€/ha)	$\frac{\text{Coste energético}}{\text{Área regable}}$	<u>Coste energético</u> : Coste de la energía necesaria para el bombeo del agua. <u>Área regable</u> : Área puesta en riego mediante la infraestructura existente.
Coste energético por unidad de área regada (€/ha)	$\frac{\text{Coste energético}}{\text{Área regada}}$	<u>Coste energético</u> : Coste de la energía necesaria para el bombeo del agua. <u>Área regada</u> : Área total cultivada en regadío.
Coste energético por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	$\frac{\text{Coste energético}}{\text{Volumen de agua de riego que entra al sistema}}$	<u>Coste energético</u> : Coste de la energía necesaria para el bombeo del agua. Volumen de agua de riego que entra al sistema: Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.
Coste energético por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	$\frac{\text{Coste energético}}{\text{Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios}}$	<u>Coste energético</u> : Coste de la energía necesaria para el bombeo del agua. Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios: Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.
Relación de costes energéticos y de manejo del sistema	$\frac{\text{Coste energético}}{\text{Costes de manejo del sistema}}$	<u>Retornos brutos</u> : Retornos brutos, como pago a los servicios por parte de los agricultores. <u>Costes de manejo del sistema</u> : Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.1.1. Indicadores de Gastos Generales (Primera parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Gastos generales por unidad de área regable (€/ha)	$\frac{\text{Gastos generales}}{\text{Área regable}}$	<u>Gastos generales</u> : Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad. <u>Área regable</u> : Área puesta en riego mediante la infraestructura existente.
Gastos generales por unidad de área regada (€/ha)	$\frac{\text{Gastos generales}}{\text{Área regada}}$	<u>Gastos generales</u> : Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad. <u>Área regada</u> : Área total cultivada en regadío.
Gastos generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	$\frac{\text{Gastos generales}}{\text{Volumen de agua de riego que entra al sistema}}$	<u>Gastos generales</u> : Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad. <u>Volumen de agua de riego que entra al sistema</u> : Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.
Gastos generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	$\frac{\text{Gastos generales}}{\text{Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios}}$	<u>Gastos generales</u> : Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad. <u>Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios</u> : Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.
Relación de gastos generales y de manejo del sistema	$\frac{\text{Gastos generales}}{\text{Costes de manejo del sistema}}$	<u>Gastos generales</u> : Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad. <u>Costes de manejo del sistema</u> : Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.12. Indicadores de Gastos Generales (Segunda parte)

Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> Gastos generales	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje:</u> Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. Gastos generales: Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad.
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	<u>Costes de mantenimiento</u> Gastos generales	<u>Costes de mantenimiento:</u> Gasto total en mantenimiento del sistema. Gastos generales: Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad.
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	<u>Costes de gestión de la comunidad</u> Gastos generales	<u>Costes de gestión de la comunidad:</u> derivados de la gestión de la comunidad, tales como gastos en teléfono, asesoramiento legal, alquiler y material de oficina, etc. Gastos generales: Incluye el coste del personal empleado, los costes de mantenimiento de la red y los derivados de la gestión de la comunidad.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.13. Indicadores de Costes de Confederación Hidrográfica (Primera parte)

Indicador	Definición	Especificaciones
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	<u>Costes de Confederación</u> Área regable	<u>Costes de Confederación:</u> Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras. <u>Área regable:</u> Área puesta en riego mediante la infraestructura existente.
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	<u>Costes de Confederación</u> Área regada	<u>Costes de Confederación:</u> Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras. <u>Área regada:</u> Área total cultivada en regadío.
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	<u>Costes de Confederación</u> Volumen de agua de riego que entra al sistema	<u>Costes de Confederación:</u> Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras. <u>Volumen de agua de riego que entra al sistema:</u> Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	<u>Costes de Confederación</u> Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios	<u>Costes de Confederación:</u> Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras. <u>Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios:</u> Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.
Relación de costes de Confederación y de manejo del sistema	<u>Costes de Confederación</u> Costes de manejo del sistema	<u>Costes de Confederación:</u> Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras. <u>Costes de manejo del sistema:</u> Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.14. Indicadores de Costes de Confederación Hidrográfica (Segunda parte)

Relación de Canon y costes de Confederación	$\frac{\text{Canon}}{\text{Costes de Confederación}}$	<u>Canon</u> : Cantidad a pagar a la Confederación Hidrográfica por los derechos del agua. <u>Costes de Confederación</u> : Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras.
Relación de Tarifa y costes de Confederación	$\frac{\text{Tarifa}}{\text{Costes de Confederación}}$	<u>Tarifa</u> : Cantidad a pagar a la Confederación Hidrográfica por la amortización de las obras realizadas para el suministro del agua. <u>Costes de Confederación</u> : Costes de Confederación Hidrográfica. Se incluye el canon por los derechos de agua y la tarifa de amortización de obras.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.15. Indicadores de Costes de Personal

Indicador	Definición	Especificaciones
Costes de personal por unidad de área regable (€/ha)	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> Área regable	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje:</u> Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. <u>Área regable:</u> Área puesta en riego mediante la infraestructura existente.
Costes de personal por unidad de área regada (€/ha)	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> Área regada	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje:</u> Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. <u>Área regada:</u> Área total cultivada en regadío.
Costes de personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> Volumen de agua de riego que entra al sistema	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje:</u> Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. <u>Volumen de agua de riego que entra al sistema:</u> Cantidad total de agua de riego que entra al sistema, sin considerar pérdidas en distribución.
Costes de personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje:</u> Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. <u>Volumen de agua de riego suministrada a los Usuarios:</u> Medido en la unión entre el sistema de distribución y la toma del agricultor.
Relación de costes de personal y de manejo del sistema	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje</u> Costes de manejo del sistema	<u>Coste del personal relacionado con el riego y drenaje:</u> Incluyendo contratistas, personal de administración, dirección y mantenimiento. <u>Costes de manejo del sistema:</u> Costes de operación del sistema, excluyendo costes de capital y de depreciación.

Gran parte de las variables necesarias para la obtención de los nuevos indicadores existían ya en las usadas por el IPTRID, por lo que ya estaba desarrollada la metodología para su obtención. Pese a esto, los nuevos indicadores usan algunas variables nuevas, las cuales se definen en el anejo 4.2, junto con la metodología para su obtención.

4.4. RECOPIACIÓN DE DATOS

4.4.1. Metodología

4.4.1.1. La toma de datos como segunda fase del proceso de benchmarking

Una vez definidos los indicadores de gestión a emplear, indicadores desarrollados por el IPTRID y ampliación de indicadores Financieros, se entra en la segunda fase del proceso de benchmarking, que es la de toma de datos.

En esta fase se recopilan todos los datos necesarios para la obtención de las variables, las que, combinadas entre sí, van a formar los indicadores de gestión que serán la base del proceso de benchmarking.

Los datos a obtener para el cálculo de los indicadores de gestión pueden ser clasificados en los cinco grupos siguientes:

- **Datos relacionados con la infraestructura en la zona regable**, comprenden todos los datos relacionados con la infraestructura de suministro de agua existente, la superficie puesta en riego y los volúmenes de agua suministrados.
- **Datos de productividad**, se estudian los cultivos existentes en la zona regable, la productividad de los mismos y el rendimiento que el agricultor obtendría de ellos.
- **Datos climáticos**, en donde se recopilan las series históricas de precipitaciones y de evapotranspiración potencial.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

- **Datos financieros**, recopilan todos los costes a los que debe hacer frente la Comunidad de Regantes, el personal empleado en la misma y los retornos que se perciben por parte de los comuneros como pago a los servicios de suministro de agua.
- **Indicadores ambientales**, comprenden la serie de datos de calidad del agua de riego, del balance de sales en el suelo y de la profundidad de la capa freática.

4.4.1.2. Fuentes de información

La toma de los datos necesarios para la caracterización de una zona regable siempre ha sido considerada como la parte más engorrosa de la aplicación del proceso de benchmarking. Concretamente, Kloezen y Garcés (1998) describen cómo fueron necesarios tres ingenieros trabajando durante un año para la toma de los datos necesarios para la aplicación de los indicadores de gestión a una sola zona regable en México.

Afortunadamente, la caracterización de una Comunidad de Regantes va a ser un proceso más sencillo, debido a que en la mayor parte de las Comunidades ya se toman la mayoría de los datos necesarios y el proceso reside más bien en localizarlos y procesarlos de una manera adecuada. La existencia de esos datos simplifica bastante el proceso de caracterización, lo que permite estudiar una Comunidad en un período de tiempo muy inferior al que sería necesario en caso de necesitar realizar medidas de todas las variables que se necesitan.

Aunque existe una gran heterogeneidad en el origen de los datos empleados para la caracterización de cada una de las Comunidades de Regantes, las fuentes más usuales para la toma de los datos de cada uno de los grupos, necesarios para el cálculo de los indicadores de gestión, son las descritas en los apartados siguientes.

4.4.1.3. Datos relacionados con la infraestructura en la zona regable

Los datos relacionados con la infraestructura hidráulica de la zona regable no suelen ser difíciles de obtener, en la mayor parte de las Comunidades de reciente creación o que hayan sufrido un proceso de modernización, existen datos de proyecto en donde se detallan los datos: capacidad máxima de suministro, longitud de la red de riego, tipo y número de bombas o las características de la valvulería existente en la zona.

El mayor problema suele residir en la caracterización de redes antiguas, en donde, en ocasiones, es imposible obtener los datos del proyecto original y para la obtención de las características hidráulicas del sistema, es necesario recurrir a las estimaciones del personal de la Comunidad, con la consecuente pérdida de fiabilidad que conlleva.

La misma distinción podría ser realizada para el caso de la estimación de los volúmenes de agua de riego aplicados y las pérdidas de agua en la distribución. Se encuentran, generalmente, los dos casos siguientes:

- En las zonas con una nuevas infraestructuras, suele ser relativamente fácil su determinación, mediante la comparación de los volúmenes de agua que entran al usuarios, registradas por la Confederación Hidrográfica, y los facturados a los clientes, estimados con los contadores de cada una de las tomas de parcela o, en su defecto, con los contadores localizados en las casetas de agrupación. En este caso, el error que se puede cometer en la estimación es únicamente el ocasionado por la suma de los errores unitarios de cada uno de los contadores del sistema, los cuales, en gran parte de los casos, no suelen ser superiores al 2 %.

- En las Comunidades con infraestructuras antiguas, generalmente el agua se distribuye mediante una red de acequias, existiendo algún tipo de aforo en el origen de la red, a efectos de control de volúmenes por parte de

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

la Confederación Hidrográfica. El problema reside en la estimación de las pérdidas, debido a que no suelen existir aforadores en puntos intermedios de la red y, en caso de existir, no son usados con regularidad. En estos casos, la única posibilidad de estimación de pérdidas es la del propio personal de la comunidad, con un elevado grado de incertidumbre.

4.4.1.4. Datos de productividad

En este tipo de datos se incluyen las superficies ocupadas por cada uno de los cultivos existentes en la zona, la productividad de cada uno de ellos y el rendimiento económico que generarían.

Estos datos son conocidos en casi la totalidad de las Comunidades de Regantes, en donde suele existir un registro de cultivos que es cedido a la Confederación Hidrográfica para ser usado en la determinación de las dotaciones de agua de cada campaña.

La Confederación Hidrográfica genera unas memorias en donde aparecen todos los datos de productividad necesarios para la caracterización mediante indicadores de gestión, basados en las medidas de la Comunidad de Regantes.

Otra posible fuente de datos de productividad es la Administración Pública, la cual debe estimar la superficie ocupada y la productividad de cada uno de los cultivos para la concesión de las ayudas comunitarias.

4.4.1.5. Datos meteorológicos

Para el cálculo de algunos indicadores de gestión son necesarios algunos datos climáticos, concretamente la evapotranspiración de referencia y la serie de precipitaciones mensuales en la zona durante la serie histórica estudiada.

Estos datos se pueden obtener de dos fuentes distintas:

- Red de estaciones meteorológicas de la Junta de Andalucía, en donde se toman los datos necesarios diariamente y son automáticamente publicados en Internet (Consejería de Agricultura y Pesca, 2003). El mayor problema que presentan estos datos es que la serie se limita al año 2000, por lo que no ofrecen un registro histórico suficientemente amplio.
- Memorias de Confederación Hidrográfica, estas memorias se publican cada campaña y en ellas se incluye la serie mensual de precipitaciones, evapotranspiraciones de referencia y temperaturas máximas y mínimas. En estas memorias si existe una serie histórica suficientemente amplia como para caracterizar un período amplio.

4.4.1.6. Datos financieros

Estos datos existen en todas las Comunidades. Todos los años, al inicio de cada campaña, en la Asamblea General de la Comunidad de Regantes, se aprueban los presupuestos anuales. En los presupuestos se suelen incluir todos los datos necesarios para el cálculo tanto de los indicadores financieros del IPTRID como para el cálculo de la ampliación de los indicadores financieros.

A veces no es fácil acceder a los presupuestos detallados de la Comunidad al considerarse como confidenciales, aunque el personal ofrece un resumen de los mismos en donde se incluye la información necesaria para la caracterización. No obstante, estos resúmenes pueden ofrecer una mayor incertidumbre, debido a que no existe la total certeza de que cada una de las variables necesarias para el cálculo de los indicadores haya sido correctamente calculada.

4.4.1.7. Datos ambientales

En la mayor parte de las Comunidades de Regantes no es una costumbre la realización de estudios de calidad del agua y, en caso de realizarse, suelen limitarse a un mero estudio de la salinidad del agua de riego.

Esta falta de conciencia, hace que sea prácticamente imposible completar la totalidad de los indicadores ambientales del IPTRID, por lo que son el grupo menos estudiado.

4.4.2. Protocolo de caracterización de Comunidades de Regantes

La gran cantidad de información necesaria para la correcta caracterización de una Comunidad de Regantes, ha obligado a sistematizar la toma de datos y el posterior cálculo de las variables. Dicha sistematización queda plasmada en el protocolo para la caracterización de Comunidades de Regantes, el cual se muestra en la Figura 4.1.

El protocolo para la caracterización, trata de homogeneizar la metodología para la caracterización de Comunidades de Regantes, indicando los tipos de datos a obtener dentro de cada uno de los grupos y el tipo de procesamiento que sería necesario realizar con cada uno de ellos.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

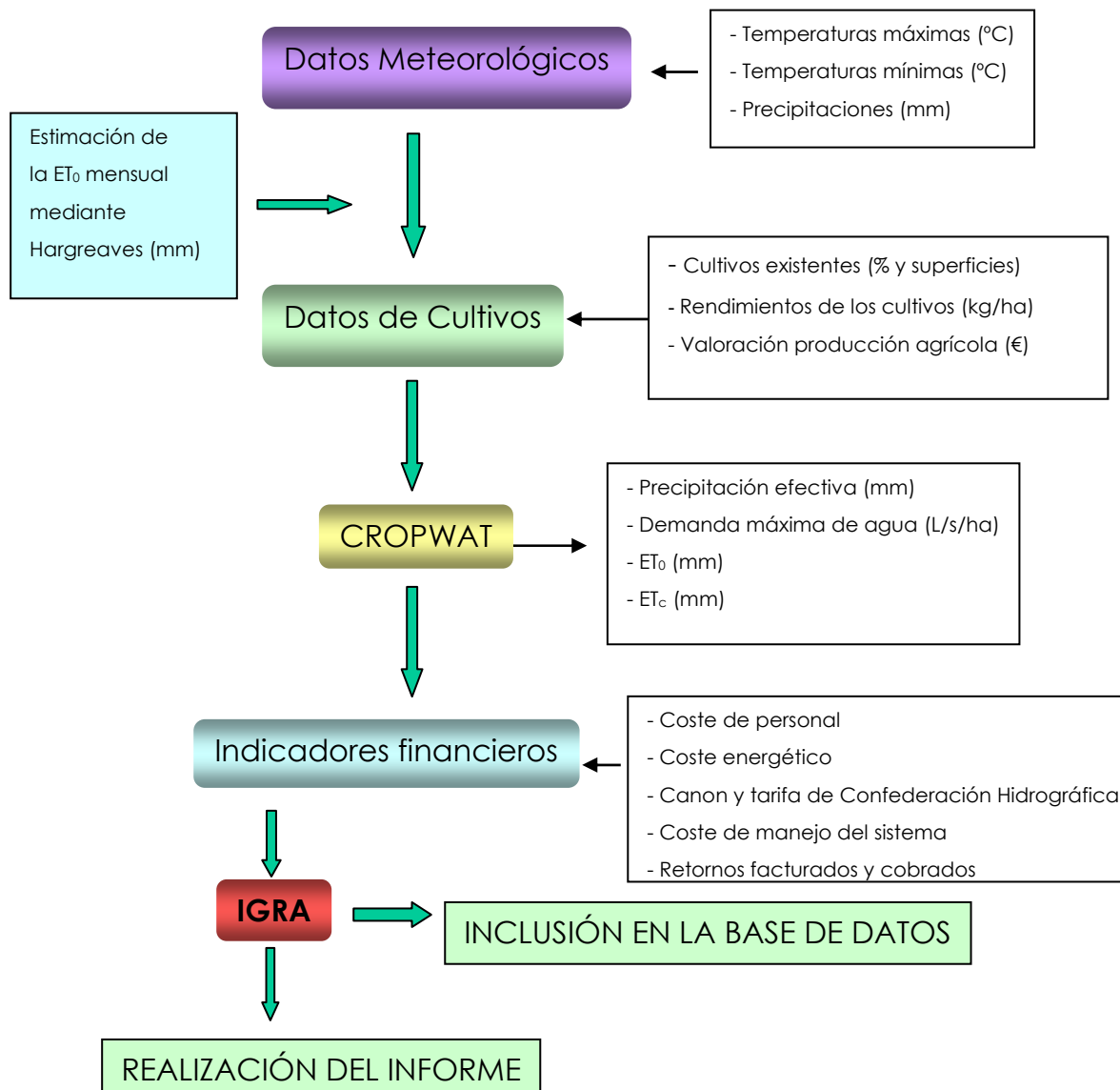


Figura 4.1. Protocolo para la caracterización de Comunidades de Regantes

El primer paso es el del tratamiento de los datos meteorológicos, necesarios para la estimación de las necesidades hídricas de los cultivos existentes en la zona regable. La evapotranspiración de referencia se estima mediante la fórmula de Hargreaves, por lo que únicamente será necesario conocer la serie histórica de temperaturas máximas y mínimas y de precipitaciones registradas en la zona regable.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tras conocer los datos climáticos, el segundo paso consiste en la determinación de los cultivos existentes en la zona, sus rendimientos y el valor de la producción agrícola.

Los datos climáticos y de cultivos existentes en la zona se emplean en la obtención de las precipitaciones efectivas totales y útiles, la demanda máxima de agua y la evapotranspiración existente en la zona regable. Para procesar dichos datos se emplea la aplicación informática CROPWAT desarrollada por la FAO

Una vez conocidos los datos meteorológicos y los de cultivos, se procesan los indicadores financieros, identificándose el coste de personal, energético, de mantenimiento, de manejo del sistema, los costes de la Confederación Hidrográfica y los retornos brutos y facturados.

Toda esta información, se introduce en la aplicación informática IGRA, que es una herramienta almacenamiento y comparación de los indicadores de gestión desarrollada en el Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba (Pérez, 2003; Pérez *et al.*, 2003). IGRA genera una base de datos, en formato Access, en donde queda almacenada toda la información de los indicadores de todas las Comunidades de Regantes estudiadas (en el anejo 4.3 se incluye una breve descripción de la aplicación).

Además de en la citada base de datos, toda la información queda plasmada en un informe, en el que se incluyen los indicadores de gestión de la Comunidad de Regantes para la serie histórica estudiada y una completa descripción de la misma.

4.4.3. Protocolo para la realización de los informes

De cada una de las Comunidades estudiadas, se realiza un informe en el que se incluyen todos los resultados del estudio. La estructura de la totalidad de los informes realizados se muestra en la Figura 4.2.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

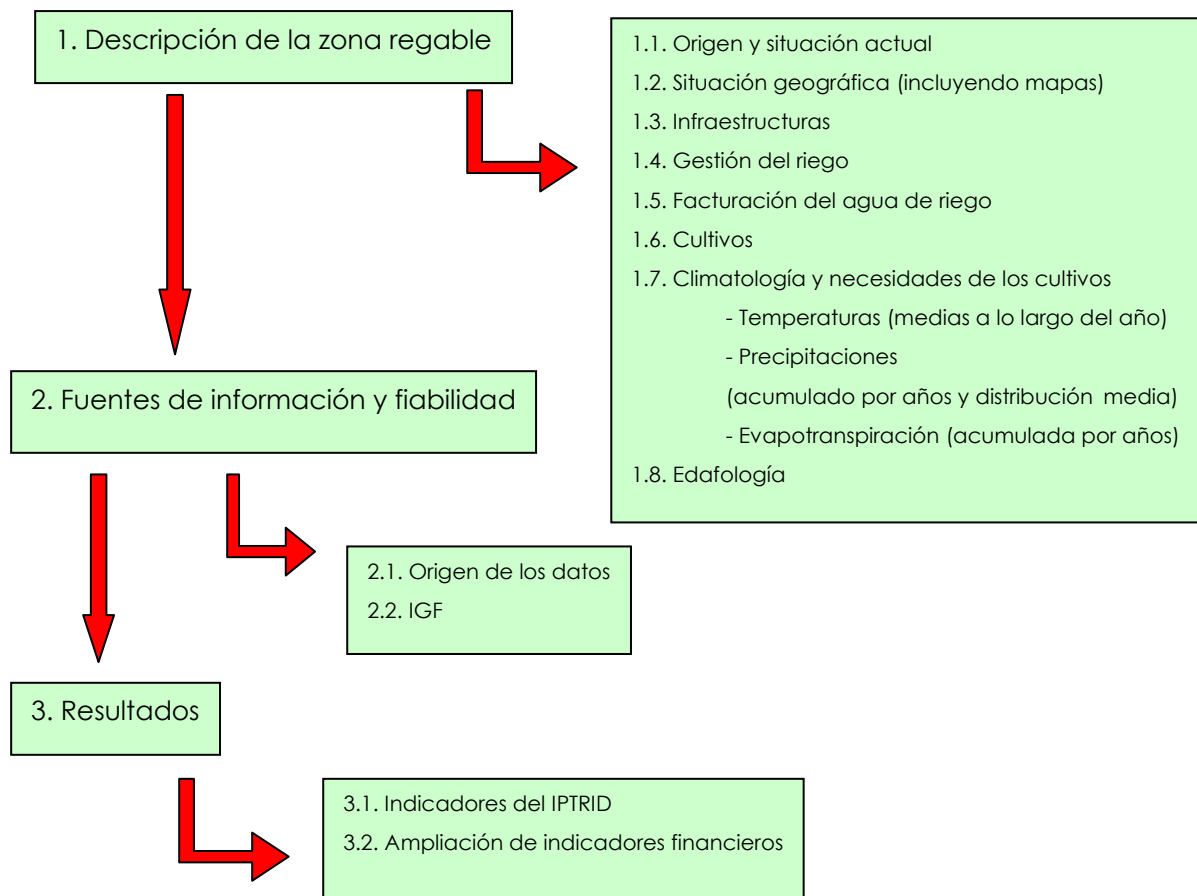


Figura 4.2. Protocolo de informes

Como se aprecia en la Figura 4.2, el informe de las Comunidades de Regantes se divide en las tres partes siguientes:

- **Descripción de la zona regable**, en donde se pretende describir, de una forma breve, las principales características de la zona regable, como son su origen, localización, infraestructuras hidráulicas, gestión y facturación del agua de riego, series históricas de cultivos y climatología y tipos de suelos.
- **Fuentes de información y fiabilidad**, se detalla cual ha sido el origen de los datos y la fiabilidad de los mismos incluyéndose el valor del Índice General de Fiabilidad (IGF), el cual es descrito en el próximo apartado.

- **Resultados**, se incluyen los valores de todos los indicadores para la serie histórica considerada, así como las variables empleadas para su cálculo y los descriptores de la zona regable (los descriptores desarrollados por el IPTRID). Además de los valores de los mismos, se incluye una breve descripción de los resultados, obtenidos del análisis de la serie histórica.

Homogeneizar el tipo de informe ha permitido facilitar el proceso de comparación de unas Comunidades con otras. En él se incluye una descripción completa de la zona regable, tanto de su infraestructura hidráulica como de sus posibilidades de producción, considerando los cultivos existentes en la zona, la climatología y los tipos de suelos, lo que facilita el estudio de las zonas regables y la detección de las relaciones causa-efecto.

Un informe en el que se consideran tantos puntos relacionados con la Comunidad de Regantes, será de máxima utilidad para la aplicación de las técnicas de benchmarking, al permitir encasillar cada zona y conocer realmente cuales serían sus posibilidades de mejora, al mismo tiempo que darían una idea completa de cuales son las razones que han llevado a la zona al rendimiento actual y cuales serían las posibles actuaciones para mejorar el valor actual de los indicadores, siempre buscando un aumento de la eficiencia en cada uno de los campos tratados.

4.4.4. Fiabilidad de los datos e Índice General de Fiabilidad (IGF)

Como ya se explicó en el apartado 4.4.1, la fiabilidad de los datos es uno de los grandes problemas a los que nos enfrentamos en la toma de los indicadores en las zonas regables. En gran parte de las Comunidades de Regantes, es prácticamente imposible obtener datos con una precisión aceptable, debido a que sus infraestructuras antiguas carecen de elementos de medida adecuados para un análisis de mayor precisión. Esta incertidumbre en la calidad de los datos obtenidos ha sido ampliamente estudiada y, por ejemplo, Burt *et al.* (1997) indican que sería prácticamente imposible obtener una precisión mayor al 5-10 % en el estudio de las zonas regables.

La incertidumbre en la calidad de los datos obtenidos se encuentra en todos los grupos de datos a los que se hizo referencia anteriormente, no sólo en los datos relacionados con la infraestructura existente. También es posible encontrar una falta de fiabilidad considerable en el resto de grupos, como son los datos climáticos, los financieros o los de productividad de los cultivos.

Para intentar considerar esa falta de fiabilidad en los datos obtenidos, se ha desarrollado el Índice General de Fiabilidad (IGF). Este índice es un valor totalmente subjetivo, cuyo valor oscila entre cero y diez, en el que se consideran todos los aspectos que podrían arrojar un cierto grado de incertidumbre en los datos obtenidos.

De esta forma, el IGF estudia la incertidumbre de los datos obtenidos, asignando pesos relativos a cada grupo de datos. Se valoran siete apartados, los cuales están directamente relacionados con los grupos de datos que es necesario estudiar para la caracterización de la Comunidad de Regantes. Los apartados en que se divide son:

- **Valores climáticos**, estudia la existencia de los datos climáticos durante la serie estudiada y la proximidad de la estación meteorológica a la zona regable.
- **Medición de caudales**, indica la existencia de elementos de aforo en la red.
- **Infraestructura de la red**, permite conocer la calidad de la caracterización de la infraestructura de la red, como pueden ser los datos de longitudes de la red de suministro de agua y de drenaje, la sección de los canales, etc.
- **Datos de cultivos**, consideran la procedencia de los datos de superficies ocupadas por los cultivos y la productividad de los mismos.
- **Estimación de pérdidas**, estudia cómo se miden las pérdidas en la red, considerando donde están situados los elementos de aforo, en caso de existir los mismos.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

- **Capacidad de suministro**, en él se tiene en cuenta la capacidad de suministro de agua en la época de máxima demanda. Se considera si ese valor es el de proyecto o una mera estimación del personal.
- **Variables financieras**, se hace una distinción entre si se ha tenido acceso a los presupuestos detallados de la Comunidad de Regantes, a unos resúmenes o simplemente a una estimación por el personal de la Comunidad.

A cada uno de los grupos se les asigna un peso en el valor total del IGF. El valor final del IGF está altamente influenciado por la infraestructura de la red de riego, al existir cuatro apartados relacionados con este grupo de datos y con unos pesos acumulados de 5,2 sobre 10. Esto es debido a que, en este estudio, la mayor fuente de errores es, sin duda, la generada por la calidad de las instalaciones. Una zona moderna, con datos de proyecto y una correcta estimación de las pérdidas en la red, ofrecerá siempre un elevado valor del IGF, mientras que una con infraestructuras antiguas, ofrecerá una fiabilidad de los datos pobre y, consecuentemente, un IGF discreto.

En la Tabla 4.16 se muestra la metodología para la obtención del IGF, incluyéndose todos los apartados de los que consta y las distintas opciones para cada uno de ellos.

Tabla 4.16. Índice General de Fiabilidad

Valores Climáticos (VC)	1,8
Estación meteorológica en la Comunidad de Regantes	1
Valores de Confederación Hidrográfica	0,8
Extrapolación de zonas próximas	0,5
Interpolación entre años	0,1
Medición de Caudales (MC)	2
Existencia de datos de contadores	1
Aforadores en puntos intermedios	0,5
Estimación del personal de la Comunidad	0,2

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Infraestructura de la Red (IR)		0,5
Datos de proyecto		1
Estimación del personal de la Comunidad		0,2
Datos de Cultivos (DC)		1,5
Datos propios de la Comunidad de Regantes		1
Datos de Confederación Hidrográfica		0,8
Datos obtenidos de forma indirecta		0,3
Estimación de Pérdidas (EP)		2
Diferencia en medidores de caudal (entre 1º y 3º nivel)		1
Diferencia en medidores de caudal intermedios		0,6
Estimación del personal de la comunidad		0,1
Capacidad de Suministro (CS)		0,7
Proyecto		1
Estimación del personal		0,4
Variables Financieras (VF)		1,5
Presupuestos detallados		1
Datos suministrados por el personal		0,7
Presupuestos no detallados		0,3
Estimación del personal de la comunidad		0,1

La suma de los valores de todos los apartados daría el valor definitivo del IGF (ecuación 4.1).

$$IGF = 1,8 VC + 2 MC + 0,5 IR + 1,5 DC + 2 EP + 0,7 CS + 1,5 VF \quad (4.1)$$

Para interpretar el resultado del IGF, se ha establecido una clasificación para establecer la fiabilidad global de los datos obtenidos. La fiabilidad de los datos, según el valor del IGF se muestra en la Tabla 4.17.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.17. Fiabilidad de los datos según el IGF

Fiabilidad	Valor del IGF
Muy mala	<3
Pobre	3-5
Aceptable	5-7
Buena	7-9
Muy buena	>9

El IGF representa un valor subjetivo, pero que a su vez es de gran utilidad para mostrar las distintas situaciones que se pueden presentar en la toma de datos y, por tanto, la calidad de la caracterización.

4.5. RESULTADOS

En el apartado 4.4 se estableció la metodología que ha permitido sistematizar la toma de datos y su organización mediante informes, en donde se muestra la principal información necesaria para la caracterización de cada zona regable mediante indicadores de gestión.

Además de la metodología se desarrolló el Índice General de Fiabilidad, el cual pretende mostrar que los datos obtenidos en las Comunidades de Regantes pueden, en ocasiones, no ser excesivamente fiables, lo que es un efecto a tener en cuenta en la interpretación de los resultados (Burt, 2001).

Todo esto ha facilitado el segundo paso del proceso de benchmarking, consistente en la toma de datos y la posterior organización de los mismos, además de indicar mediante el IGF su fiabilidad. Tras la toma de datos, el tercer paso de un proceso de benchmarking es el análisis de los resultados obtenidos en la toma de datos.

En este apartado se muestran los resultados de la toma de datos, mostrándose los valores de los indicadores de las Comunidades de Regantes estudiadas, para una serie de años. Además de esto, se procede a un posterior análisis de los resultados en el que se pretende determinar la brecha existente mediante la comparación de los indicadores de gestión previamente obtenidos y la determinación de las relaciones causa-efecto que han llevado a una buena o a una mala gestión en un determinado aspecto.

Para lograr el objetivo perseguido, se emplean dos conjuntos de indicadores, los cuales han sido tratados de forma independiente, debido a los diferentes objetivos perseguidos mediante la creación de los mismos. Dichos conjuntos son los siguientes:

- Indicadores desarrollados por el IPTRID, los cuales representan un completo y compensado conjunto de indicadores en el que se engloban los principales aspectos de la gestión de una zona regable de cualquier parte del mundo.
- Ampliación de indicadores financieros, desarrollados específicamente para la aplicación en las Comunidades de Regantes españolas y mediante los que se pretende profundizar en su gestión financiera.

Mediante el uso de ambos conjuntos, será posible caracterizar la gestión global de la Comunidad, profundizando en el apartado específico de la gestión financiera, la cual es una de la que los gestores poseen un mayor margen de actuación de cara a posibles mejoras.

En las tablas incluidas en el anejo 4.4 se muestra el valor de los indicadores de gestión de todas las Comunidades de Regantes consideradas (indicadores de gestión desarrollados por el IPTRID y ampliación de indicadores financieros), para la serie de campañas agrícolas estudiadas en cada una de ellas. Las Comunidades incluidas (organizadas por provincias) son las siguientes:

- **Córdoba:** El Villar, Bembézar M.I., Fuente Palmera, Genil Cabra y Guadalmellato.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

- **Huelva:** Piedras-Guadiana.
- **Jaén:** El Rumblar.
- **Sevilla:** Bembézar M.D. y Sector B XII del Bajo Guadalquivir.

4.5.1. Análisis de los indicadores del IPTRID

4.5.1.1. Indicadores de rendimiento

Los indicadores de rendimiento tratan de caracterizar la red existente, la superficie puesta en riego y la relación existente con el agua empleada, así como con el manejo que los regantes realizan de los sistemas de riego y cómo se satisfacen las necesidades hídricas de los cultivos existentes en la zona.

La cantidad de agua aplicada por unidad de superficie puede ser una primera aproximación a la situación de la Comunidad de Regantes, en la cual se da a conocer los volúmenes de agua empleados en la zona. En la Figura 4.3 se muestra, de forma comparativa, los consumos por unidad de área regada en formato de gráfico de barras.

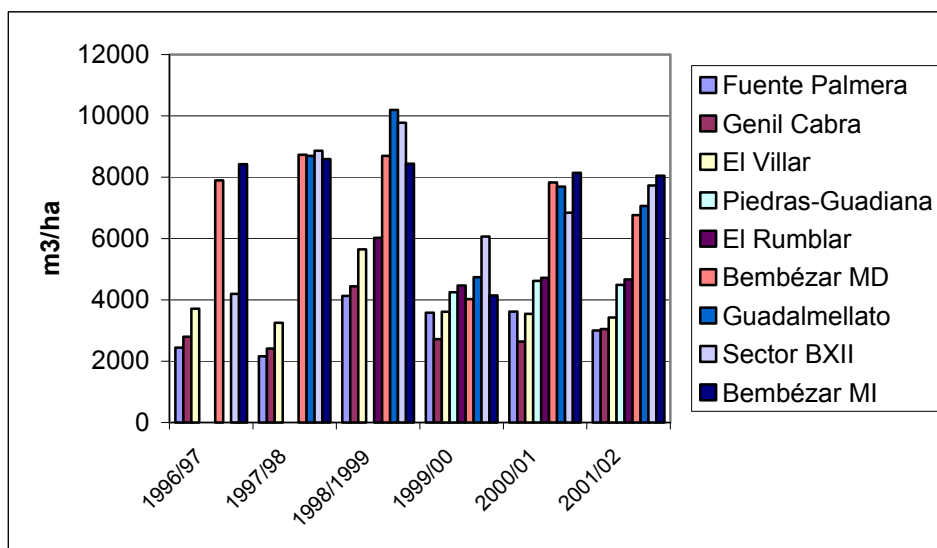


Figura 4.3. Suministro de agua de riego por unidad de área regada

Del análisis de dichos resultados, se puede comprobar cómo las zonas más antiguas, en las que el agricultor paga el agua por unidad de superficie regada, son los

mayores consumidores de agua por unidad de superficie. Es destacable el hecho de que las Comunidades de Regantes que emplean más agua (El Rumblar, Bembézar MD, Guadalquivir, Sector BXII y Bembézar MI) se encuentran en un proceso de modernización en el cual se instalarán redes a presión, lo cual supondrá una mayor eficiencia en la distribución y la posibilidad de regar a la demanda, lo cual, casi con toda seguridad, reducirá drásticamente los consumos (Sumpsi *et al.*, 1998).

Un caso a resaltar es el Sector B XII del Bajo Guadalquivir, el cual cuenta con red a presión, en la que no existen contadores en parcela, por lo que el agricultor paga únicamente por superficie regada, lo que se traduce en un mayor consumo de agua. Es previsible que la próxima colocación de contadores en las tomas de parcela y el pago de los costes energéticos por unidad de agua consumida, ocasione una disminución de los consumos de agua.

En la cara opuesta encontramos las Comunidades de Regantes con red a presión: Fuente Palmera, Genil-Cabra, El Villar y Piedras Guadiana, en las cuales el agricultor puede regar a la demanda. En estos casos, el regante paga los gastos energéticos del bombeo según el volumen consumido, un coste adicional por consumo que influye en un menor consumo de agua (Rodríguez *et al.*, 2003).

En la campaña 1999/00 se observa una menor cantidad de agua empleada, debido a la menor disponibilidad de agua ocasionada por las escasas precipitaciones de la campaña anterior (1998/99). Este pico de bajo consumo es más significativo en las zonas sin red a presión, debido a las altas cantidades de agua consumidas. La menor cantidad de agua empleada por las redes a presión hace que sean menos sensibles a una menor disponibilidad de recursos hídricos.

Pese a que el consumo por unidad de área 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). En la Figura 4.4 se muestra un gráfico comparativo de los valores del indicador RWS para las zonas estudiadas.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

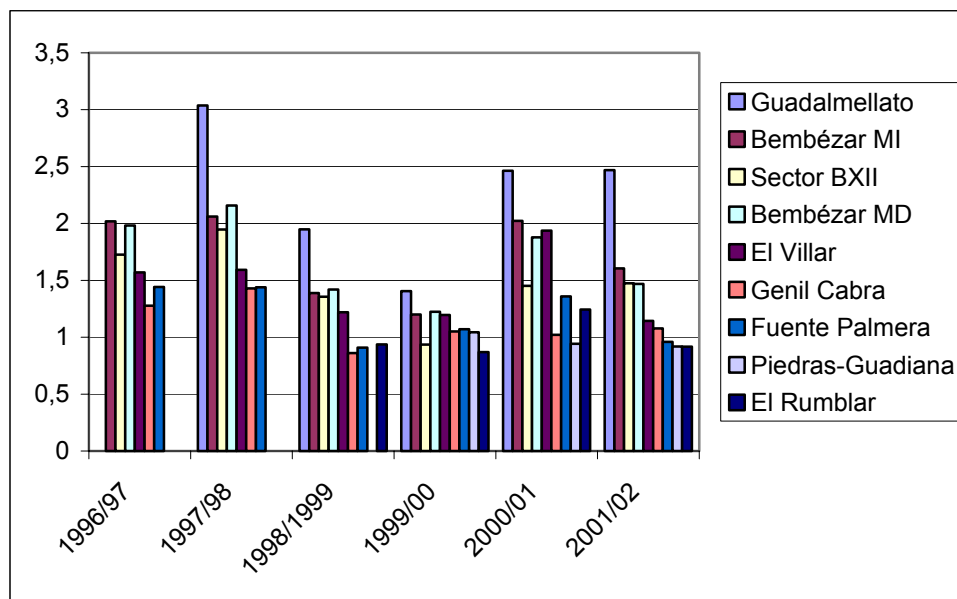


Figura 4.4. Suministro relativo de agua

El indicador RWS muestra que el agua no es limitante en las producciones, oscilando en la mayor parte de los años en valores superiores a la unidad (la unidad significa que el agua satisface la totalidad de las necesidades de los cultivos).

Este indicador vuelve a mostrar las diferencias en la calidad del empleo del agua en las zonas con redes a presión y las zonas con distribución mediante canales. En las zonas modernas 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 incluso, lo que indica un riego deficitario. En las zonas antiguas, la gran cantidad de agua aplicada hace que los valores de este indicador sean muy elevados, estando habitualmente entre los valores de 1,5 y 2,5, lo que indica que, como promedio, se está aplicando aproximadamente el doble del agua necesaria para el correcto desarrollo de los cultivos.

Un caso extremo en la cantidad de agua empleada lo representa la Comunidad de Regantes de Guadalmellato, la cual se sitúa habitualmente en valores que rondan el 2,5 llegando en una ocasión (campaña 1996/97) a superar el valor de 3, lo que indica que los cultivos recibieron el triple de agua de la necesaria. En estos valores ha influido

negativamente el mal estado de conservación de la red de acequias y el hecho de ser una Comunidad que envuelve a la ciudad de Córdoba, con el problema adicional de vandalismo en la red y del creciente número de parcelaciones ilegales.

También destaca la Comunidad de Regantes del Rumblar, la cual, pese a poseer una red antigua por gravedad y en proceso de modernización, obtiene valores inferiores a la unidad en la mayor parte de los años, debido principalmente al riego deficitario aplicado al olivar.

Si el indicador RWS nos describe la cantidad de agua disponible para satisfacer las necesidades de los cultivos, el indicador suministro relativo de agua de riego (en la bibliografía Relative Irrigation Supply o RIS) indica la calidad del manejo del riego por parte de los regantes.

Los valores del indicador RIS para las Comunidades con red a presión son relativamente bajos (incluidos en el anejo 4.4), situándose en muchos de los años en valores inferiores a la unidad, lo que indica que el riego es deficitario y que no se satisfacen totalmente las necesidades de agua de los cultivos. Un caso extremo es la Comunidad de Regantes de Piedras Guadiana, dedicada a los cultivos de la fresa y los cítricos, la cual ronda los valores de 0,6 y 0,7, o lo que es lo mismo, no se satisfacen entre el 40 y el 30 % de las necesidades hídricas.

Al trabajar con una escala anual, en los años en los que la precipitación efectiva es muy próxima o incluso mayor a las necesidades de los cultivos, el indicador RIS ofrece valores que pueden ser extraordinariamente altos o a veces negativos, lo que hace pensar que una escala temporal anual no es la más adecuada para el uso de este indicador. Además de esto, tanto el RIS como el RWS consideran la precipitación ocurrida en el período considerado, por lo que al ser una escala temporal tan amplia, dan una escasa información de cómo esa precipitación ha contribuido a satisfacer la evapotranspiración de los cultivos.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Una escala semanal o mensual ofrecería una perspectiva mucho más real de cómo se está aplicando el agua y de cómo el riego se adapta a las necesidades hídricas, mediante el uso de los indicadores RIS y RWS.

La calidad de las infraestructuras existentes se caracteriza mediante los indicadores eficiencia en la distribución y capacidad de distribución de agua. Los valores del indicador de eficiencia en la distribución nos muestran una clara diferencia entre las Comunidades de Regantes con red a presión (la eficiencia suele ser superior al 90 %) y las de riego por superficie, en donde las pérdidas pueden llegar a suponer entre el 30 % y el 40 % de la cantidad de agua de riego que entra al sistema (datos incluidos en el anejo 4.4). Además de esto, es necesario destacar el hecho de que en las zonas con red a presión, la medida de la eficiencia es generalmente mucho más precisa, al existir contadores tanto en el origen de la red como en las tomas de parcela, estimándose la eficiencia como una mera diferencia entre los volúmenes registrados en los contadores. En las Comunidades con red de canales, aun en caso de existir aforadores, no se suelen tomar medidas de caudales, por lo que la eficiencia que se incluye es una estimación del personal de la Comunidad.

El indicador de capacidad de distribución de agua (Figura 4.5) relaciona la capacidad de transporte de agua del canal principal o la capacidad máxima de bombeo (según las infraestructuras de la Comunidad) con las necesidades de agua de los cultivos en el momento de máxima demanda.

El análisis de dicho indicador muestra como la mayor parte de las Comunidades de Regantes estudiadas poseen una infraestructura que es más que suficiente para satisfacer las demandas de agua máximas de la zona, al estar para la mayor parte de las zonas en intervalos comprendidos entre 1 y 2.

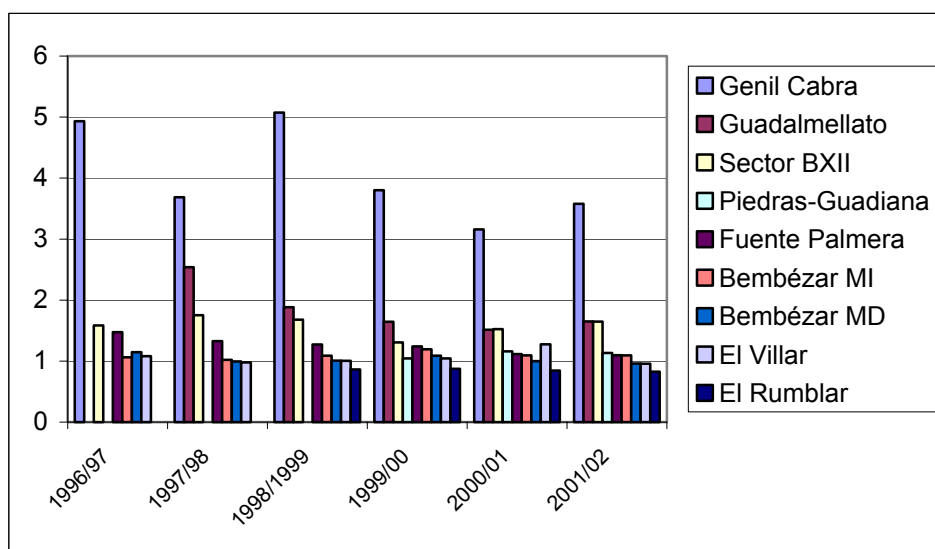


Figura 4.5. Capacidad de distribución de agua

La zona regable del Genil-Cabra es la que presenta unas infraestructuras con mayor capacidad de distribución. No obstante, es necesario destacar que se ha considerado la capacidad de suministro del canal principal ($40 \text{ m}^3/\text{s}$), el cual está diseñado para dar servicio a 40000 ha aunque actualmente sólo están en funcionamiento algo más de 15000 ha.

En el extremo opuesto se encuentra la Comunidad de Regantes El Rumblar, en donde sólo se podrían satisfacer el 85 % de las necesidades de agua en el período de máxima demanda. Esta Comunidad se encuentra en un proceso de modernización, la cual, cabe esperar, subsanará el citado problema.

La garantía de suministro indica el porcentaje de las últimas diez campañas en las que no ha sido posible regar con normalidad. En la mayor parte de las zonas estudiadas (todas las de la cuenca del Guadalquivir exceptuando el Sector B XII), la garantía es del 70 % debido a que no se pudo regar en los tres años de sequía (1993, 1994 y 1995). Algunas comunidades de Regantes si pudieron regar en ese período: el sector B XII tomó agua del río Guadalquivir y la Comunidad de Piedras-Guadiana la cual no se vio sometida a restricciones debido a la disponibilidad de agua (datos incluidos en el anejo 4.4).

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

4.5.1.2. Indicadores financieros

Dentro del apartado de análisis de los indicadores financieros, el más representativo es el coste de manejo por unidad de superficie, debido a que trata todos los costes a los que la Comunidad de Regantes debe hacer frente para su funcionamiento (Figura 4.6).

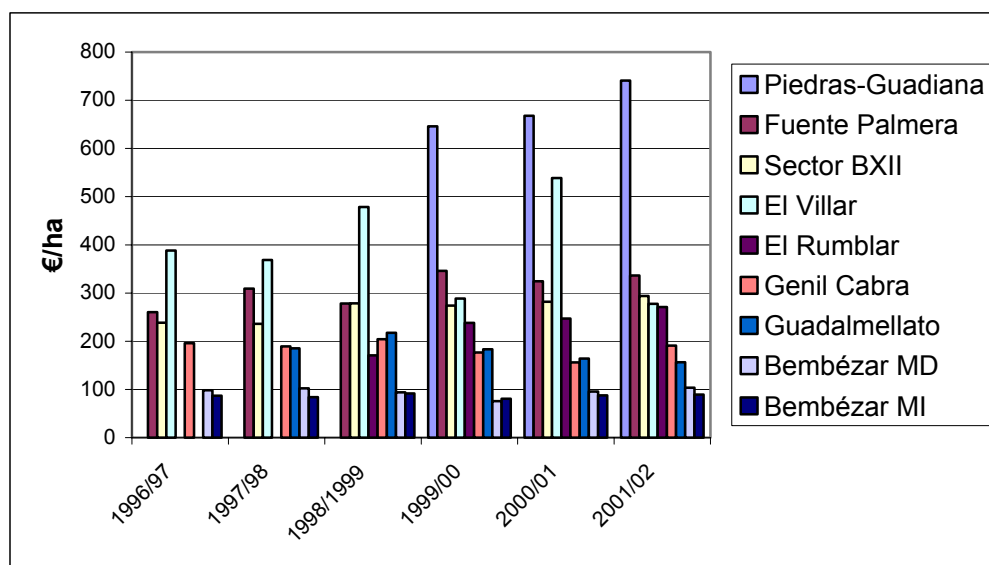


Figura 4.6. Costes de manejo por unidad de área

Los mayores costes por hectárea corresponden a la Comunidad de Regantes de Piedras-Guadiana, esto es debido principalmente a dos factores: el elevado número de personas empleadas y el coste de la energía necesaria para elevar el agua desde el embalse de Los Machos hasta cada una de las balsas de regulación existentes en la zona.

Por lo general, los mayores costes de manejo del sistema por hectárea se corresponden con las zonas dotadas de red a presión, debido a que los agricultores deben hacer frente a un nuevo coste: el energético necesario para dar al agua la presión necesaria. Este coste suele ser por volumen de agua consumida por cada regante.

La única Comunidad con red a presión y que no factura el coste energético por metro cúbico de agua consumida es la del sector B XII del bajo Guadalquivir, la cual lo

realiza por hectárea. Los elevados volúmenes por hectárea consumidos en dicha zona parecen demostrar que el hecho de que el agricultor pague el agua según cantidad consumida en lugar de por superficie regada, influye en un uso más eficiente del agua de riego. Esta Comunidad ha comenzado obras de modernización de sus instalaciones, en la que se instalará un contador a cada uno de los comuneros.

Dentro de las Comunidades con red a presión, la que presenta unos menores costes por unidad de superficie es la zona regable del Genil-Cabra. Principalmente son tres los factores que explican este ajustado valor:

1. La gran superficie ocupada por la Comunidad hace que los gastos generales de la misma se dividan entre una gran cantidad de hectáreas.
2. La ajustada cantidad de agua por unidad de superficie empleada, lo que hace que no se gaste una elevada cifra en concepto de gastos energéticos.
3. Una parte considerable de la red distribuye el agua por gravedad (debido a la diferencia de cota entre el origen del agua y la zona a regar). Esta parte no necesita energía.

En cambio, las Comunidades de Fuente Palmera y El Villar tienen unos altos costes de manejo por unidad de superficie, principalmente debido a que es necesario elevar el agua unos 100 m para obtener la presión necesaria para el funcionamiento.

Los menores costes corresponden a las zonas antiguas dotadas de redes de canales. Este es el caso de Guadalmellato y, sobre todo, las margenes izquierda y derecha del río Bembézar, las cuales presentan los menores costes por hectárea de todas las zonas estudiadas. La eficiencia financiera de las dos últimas se debe a tres razones:

1. Reducido número de personas empleadas por hectárea.
2. Ausencia de cualquier tipo de costes financieros.
3. Obras hidráulicas ya amortizadas, lo que influye en la tarifa de amortización.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

La Comunidad de Regantes de Guadalme llato presenta un mayor gasto por hectárea. Esto es debido a la gran cantidad de empleados, dedicados principalmente a labores de mantenimiento derivadas de los actos de vandalismo ocasionados por la especial situación geográfica de la zona regable, rodeando la ciudad de Córdoba.

Si los costes por unidad de superficie son un indicador claramente representativo del tipo de Comunidad caracterizada, la misma o más información se puede obtener de los costes de manejo por unidad de agua de riego.

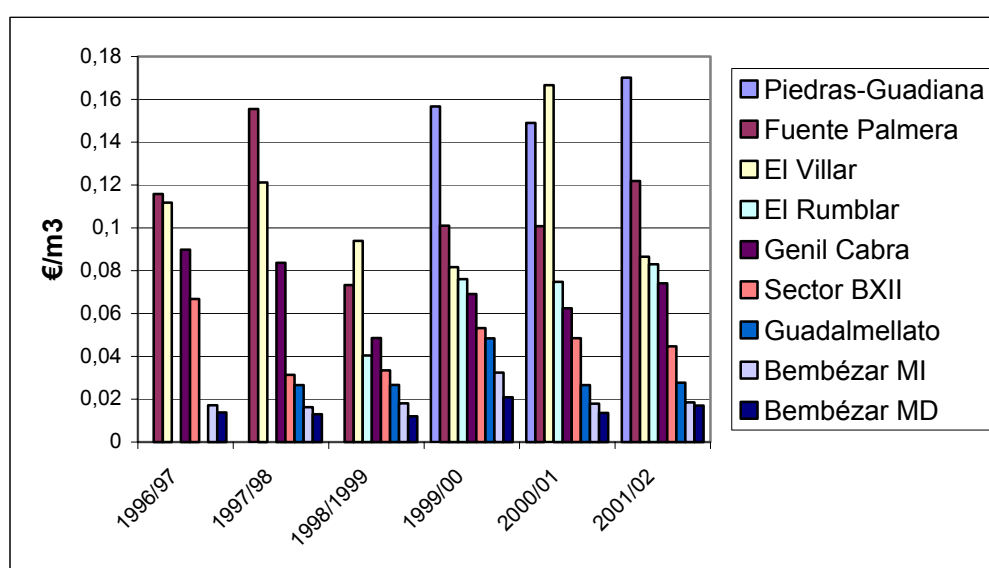


Figura 4.7. Costes de manejo por unidad de agua suministrada

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 cantidad de agua empleada en Piedras-Guadiana es superior, por lo que los costes de manejo se dividen entre más metros cúbicos.

El número de empleados por unidad de área es uno de los factores que mejor explican unos elevados o unos bajos costes de manejo, debido a ser una de las partidas que representan un mayor gasto por unidad de superficie.

En la Figura 4.8 se muestran los empleados existentes por hectárea 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 Comunidad que emplea a un mayor número de personas, esto en parte justifica los elevados costes de manejo existentes en dicha Comunidad.

Tras Piedras-Guadiana se sitúan la Comunidades de Regantes 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 de caminos (las realiza la propia Comunidad) y para el mantenimiento de la red de drenaje.

Dentro de las redes a presión, es significativo el caso de la Comunidad de Regantes del Genil-Cabra, por la poca cantidad de empleados que requiere. Esto es debido en parte a la gran superficie ocupada por la Comunidad, lo que hace que los empleados en labores administrativas abarquen una mayor superficie.

Las Comunidades con menos empleados son las márgenes izquierda y derecha del río Bembézar. Ambas Comunidades emplean a poca gente en labores de administración y no necesitan muchos guardas para las labores de mantenimiento y control de flujos.

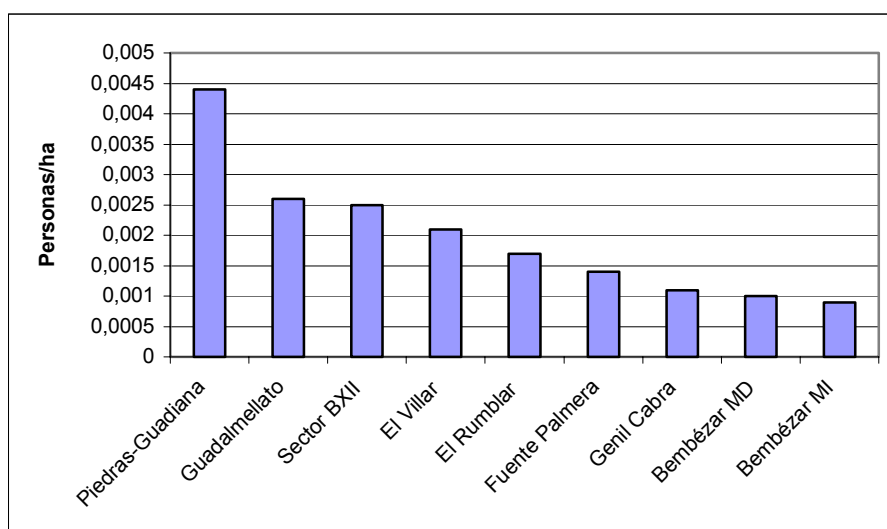


Figura 4.8. Empleados por unidad de área (2001/02)

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Un indicador de difícil interpretación es la relación entre los costes de mantenimiento y los retornos percibidos por parte de los agricultores. Los costes de mantenimiento deberían incluir todos los costes relacionados con el mantenimiento de la red de riego y drenaje, no obstante, estos son prácticamente imposibles de determinar debido a que la mayor parte del personal empleado en la Comunidad suele realizar labores de mantenimiento durante determinados momentos de la campaña, siendo difícil conocer el porcentaje de tiempo dedicado a dichas tareas. Debido a esto, solo se incluyen en este apartado los costes del material necesario para el mantenimiento de la zona y las obras de mantenimiento realizados por empresas externas.

Por la propia concepción de lo que es una Comunidad de Regantes, creada como una organización sin afán de lucro con la finalidad de la distribución de aguas entre los usuarios, mediante unas infraestructuras creadas para tal fin y que son propiedad y son gestionadas por la propia Comunidad, todas las Comunidades tienden a recuperar todos los costes necesarios para el funcionamiento de la misma. Por esta razón, la relación de recuperación de costes de las Comunidades tiende al valor de uno. En algunas de ellas, la relación es ligeramente inferior, porque parte del coste de manejo lo obtienen mediante rendimientos de capitales financieros de la Comunidad, subvenciones o por servicios prestados a comuneros y que no entran dentro de las labores propias de la Comunidad de Regantes, como podría ser el caso de trabajos de retroexcavadora realizados dentro de las parcelas.

La eficiencia en el cobro también es prácticamente del 100 %, esto significa que se cobran la totalidad de los recibos emitidos. La explicación es que es práctica habitual el dejar de suministrar agua a los comuneros morosos, esto hace que se vean obligados a saldar sus deudas sin una gran demora.

4.5.1.3. Indicadores de eficiencia en la producción

Los indicadores de análisis de eficiencia en la producción estudian la productividad de la zona y su relación con la superficie puesta en riego y los volúmenes aplicados. La Figura 4.9 muestra la productividad por unidad de área regada.

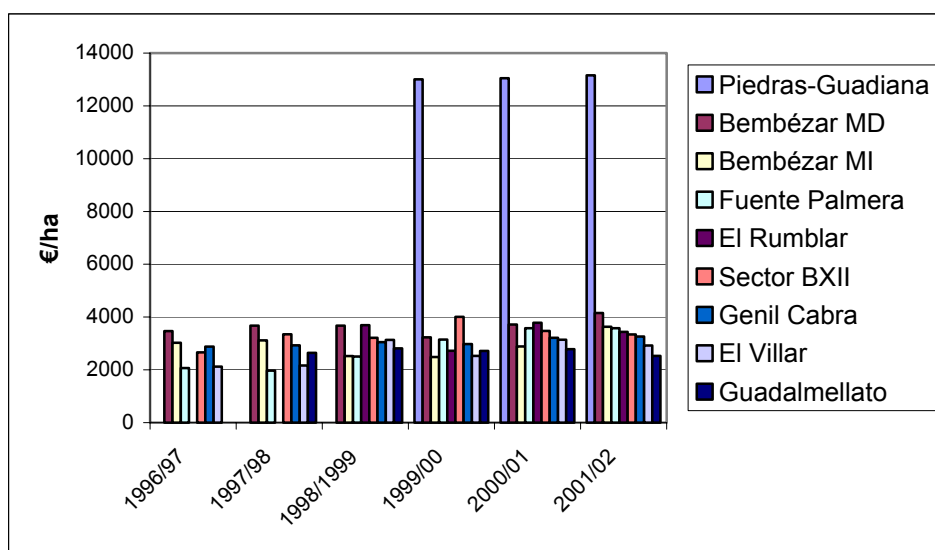


Figura 4.9. Productividad por unidad de área regada

La Comunidad de Piedras-Guadiana es la que obtiene una mayor productividad por unidad de área, con una gran diferencia sobre el resto. Esto se debe a que es una Comunidad dedicada a los cítricos y especialmente a la fresa, lo que hace que la producción agrícola adquiera un gran valor. No obstante, hablando en términos de rentabilidad, la diferencia no es tan elevada, al ser cultivos con un mayor coste de producción.

El resto de Comunidades, todas de interior, no presentan una gran variabilidad entre ellas. Es destacable el hecho de que las dos con mayor productividad son dos zonas en proceso de modernización y con infraestructuras antiguas. Esto significa que el que una Comunidad con red a presión y organizada a la demanda no tiene por qué ser

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

más productiva que otras con peor infraestructura, siendo mucho más importante una correcta elección de los cultivos de la zona.

Bembézar MD es la Comunidad de interior con una mayor productividad, esto se debe a la rotación de cultivos existentes en la zona, con predominio de algodón, maíz, frutales y cítricos. En cambio, en la Comunidad de Regantes de Guadalquivir, la de productividad más baja, predominan los cereales trigo y maíz. Se demuestra como una mejor elección de los cultivos, incluyendo algodón y cítricos, ha propiciado un aumento de la productividad.

Algo similar sucede en las Comunidades de Regantes del Genil-Cabra y El Villar, en donde una rotación de cultivos en la que existe un alto porcentaje de trigo propicia que el valor de la producción agrícola por unidad de superficie no sea excesivamente alto.

Además de la rotación de cultivos, es también necesario destacar que las producciones por unidad de superficie (kg/ha) de los principales cultivos son más altas en la zona de Bembézar MD que en otras zonas, como pueden ser Genil-Cabra y Guadalquivir. No obstante, no es esta la principal causa en las variaciones de productividad (€/ha) entre unas zonas y otras, dependiendo mucho más de la rotación de cultivos elegida.

La infraestructura de riego existente en la zona no va a ser un factor que influya directamente en la productividad por unidad de superficie existente en la zona, lo que es difícil de entender debido a las ventajas que supone el tener el agua a la demanda y con una determinada presión de trabajo. En cambio, la productividad por unidad de agua de riego suministrada estas diferencias en infraestructuras si quedan perfectamente caracterizadas (Figura 4.10).

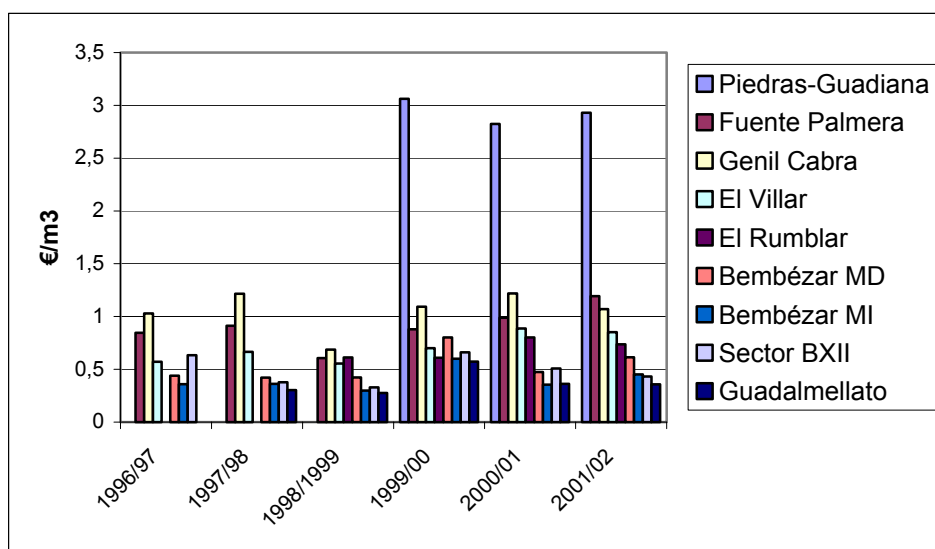


Figura 4.10. Productividad por unidad de agua de riego

Como puede observarse en la Figura 4.10, la Comunidad de Piedras-Guadiana es la que vuelve a obtener la mejor productividad. En las Comunidades de interior ahora si 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 €/m³ y la de Guadalquivir con sólo 0,44 €/m³ (datos correspondientes a la campaña 2001/02), al no ser muy diferente la productividad por unidad de área regada, la única explicación que puede darse es que un uso más eficiente del agua de riego ha llevado al aumento de la productividad por unidad de agua de riego.

El mismo efecto que en Fuente Palmera puede observarse en el Genil-Cabra y en el Villar, donde el uso eficiente del agua aplicada ha llevado a un aumento de productividad por unidad de agua de riego. El sector B XII es un caso distinto debido a que obtiene unas bajas productividades por unidad de agua de riego, inferiores incluso a los de Bembézar MD y MI. Esto es debido a que, pese a ser una red a presión, se aplica una gran cantidad de agua, motivado por ser la única Comunidad de Regantes que no emplea una tarifa binómica, en la que el agricultor pague una parte de su factura por unidad de agua consumida, pagando en la actualidad únicamente por superficie regada.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Del análisis de productividad por unidad de agua de riego puede extraerse la conclusión de que una red a presión organizada a la demanda y con una parte de la facturación de la misma por agua de riego consumida, ha propiciado un uso más eficiente del agua.

Otra forma de mostrar la ineficiencia en el uso del agua en las zonas con riego por superficie, es mediante el análisis de la productividad por unidad de agua consumida (Figura 4.11). Este indicador relaciona la productividad con el agua realmente consumida por los cultivos (evapotranspiración de los cultivos), por lo que la comparación de estos resultados y los de la Figura 4.10 indicaría las pérdidas existentes en la distribución y en el manejo del agua.

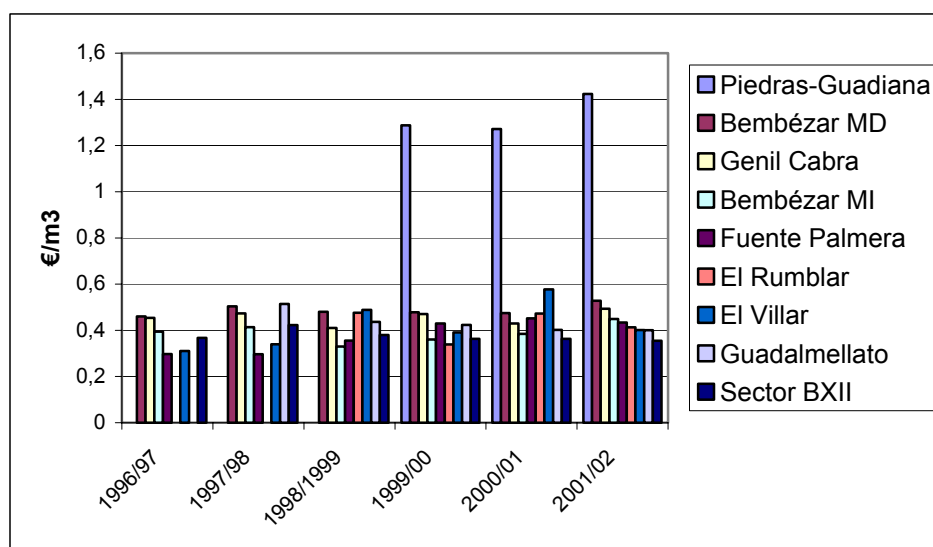


Figura 4.11. Productividad por unidad de agua consumida

Del análisis de este indicador puede comprobarse como Bembézar MD y MI obtienen altos valores, pese a haber obtenido unos bastante bajos en el análisis por unidad de agua de riego. Esto se debe a las enormes pérdidas en la distribución y el manejo del riego, lo que motiva una alta ineficiencia. Este efecto también ha podido ser comprobado mediante el análisis de los indicadores RWS y RIS (apartado 4.5.1.1).

En los indicadores del IPTRID sólo se considera el valor de la producción agrícola y no la renta o ganancia neta que percibiría el agricultor, esto sería el valor de

la producción menos los costes de producción. Si se considerase el beneficio del agricultor, es posible que estas diferencias de productividades fuesen amortiguadas.

4.5.1.4. Coste del agua. Relaciones con el coste de manejo y la productividad

Tras considerar el coste del agua en cada una de las Comunidades estudiadas, el cual se ha demostrado que es muy variable y altamente dependiente de la existencia de una red a presión o de una red de riego por superficie, y de ver que las productividades por hectárea no guardan esa relación directa, cabe realizarse la pregunta: ¿qué cantidad del valor de la producción agrícola dedica el regante en cada uno de los casos a satisfacer los costes del agua?. La relación entre el coste de manejo de la zona regable y el valor de la producción agrícola se muestra en la Figura 4.12.

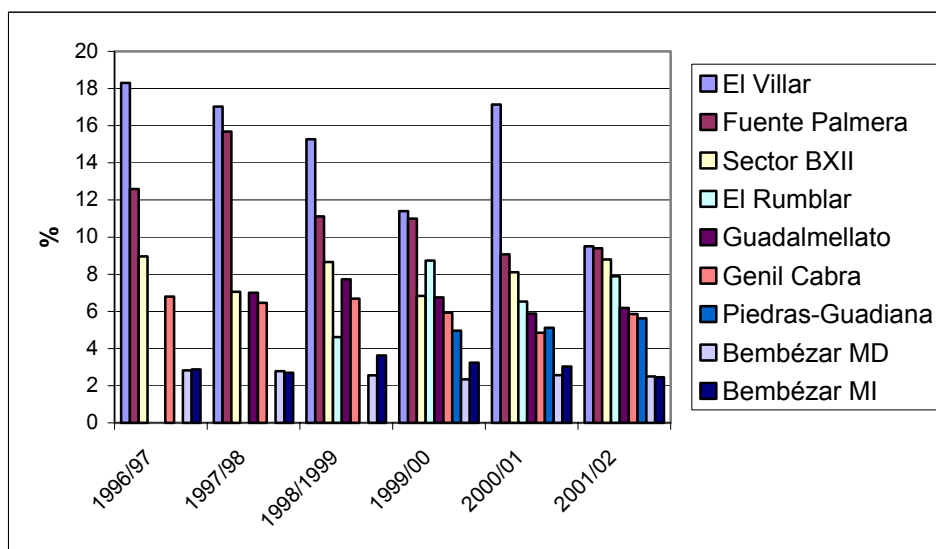


Figura 4.12. Relación entre el coste de manejo del sistema y la productividad

Este gráfico muestra el coste adicional que supone al agricultor el disponer de red a presión. Mientras que un regante de El Villar tuvo que dedicar el 9,5 % de sus ingresos a pagar los costes del agua en la campaña 2001/02, siendo este el valor más bajo de la serie histórica (en la campaña 1996/97 superó el 18 %), un agricultor de la margen izquierda del Bembézar únicamente empleó el 2,5 % de su renta.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

En el apartado anterior se ha visto como los niveles de productividad por hectárea no varían demasiado en zonas próximas independientemente de la calidad de las infraestructuras existentes. Esto significa que para un agricultor de una zona regable con red a presión dedica un porcentaje mayor de su renta al coste del agua. No obstante, disponer de presión supone una ventaja en el manejo del riego, pudiendo reducir costes en el mismo, al necesitar menos mano de obra que el riego por superficie.

La escasa variabilidad en los niveles de productividad por hectárea hace pensar que los agricultores que disponen de riego a la demanda no están obteniendo todo el beneficio que deberían por disponer de mejores infraestructuras, usando actualmente técnicas de producción similares a los de las zonas antiguas, con rendimientos similares o incluso inferiores.

4.5.2. Análisis de la ampliación de indicadores financieros

Los indicadores financieros surgen con la intención de caracterizar de una manera más precisa la gestión financiera de las Comunidades de Regantes, considerando las principales partidas a las que el agricultor debe hacer frente en sus facturas: costes energéticos, costes de Confederación Hidrográfica y gastos generales.

Las figuras comprendidas entre la Figura 4.13 y la Figura 4.16 muestran la estructura financiera de las Comunidades de Regantes estudiadas dotadas de red de distribución mediante canales. En estos casos prácticamente no existen costes energéticos, en caso de existir, se corresponden con pequeñas elevaciones del agua en los canales como en los casos de Guadalquivir y Bembézar MD. Las principales partidas son, en todos los casos, los gastos generales (en donde se incluyen los gastos de personal) y los costes de Confederación Hidrográfica (tarifa y canon).

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

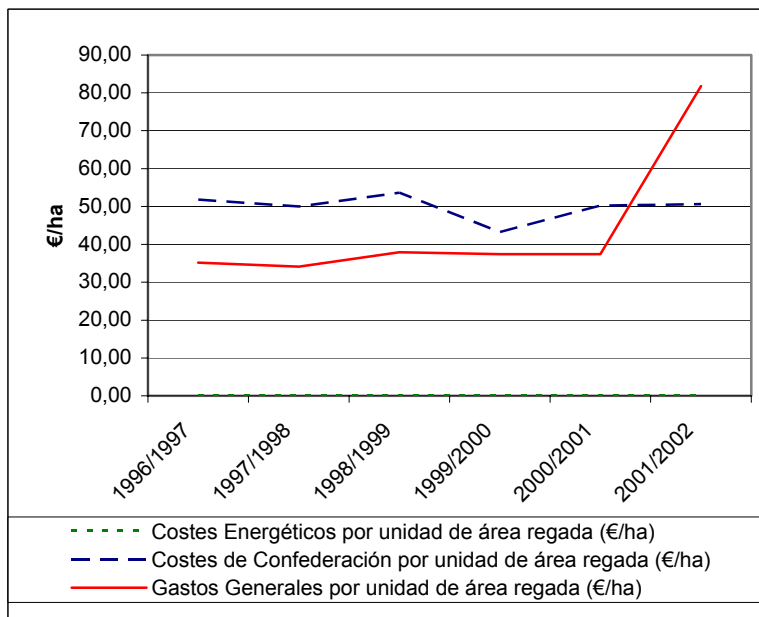


Figura 4.13. Ampliación de indicadores financieros para Bembézar MI

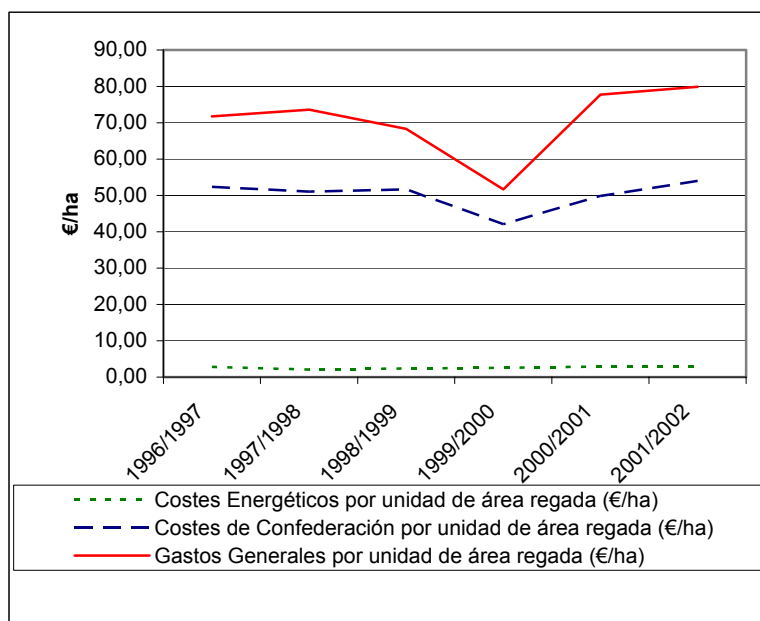


Figura 4.14. Ampliación de indicadores financieros para Bembézar MD

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

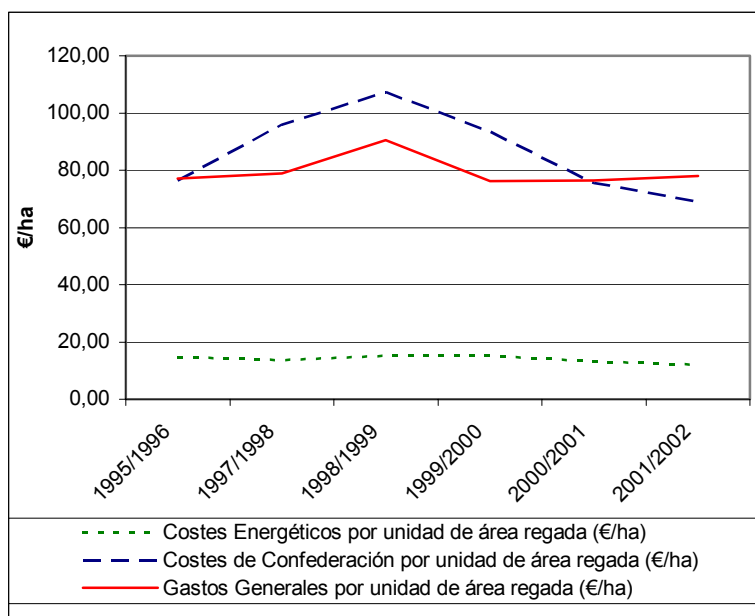


Figura 4.15. Ampliación de indicadores financieros para Guadalquivir

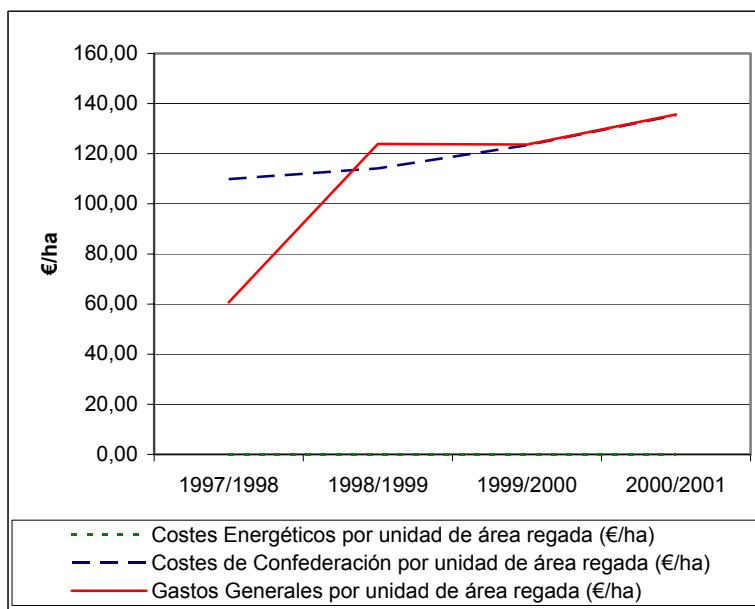


Figura 4.16. Ampliación de indicadores financieros para El Rumblar

Los indicadores financieros de las Comunidades de Regantes con red a presión presentan una estructura más compleja, al introducir los costes energéticos, los cuales

suelen representar el principal gasto de la Comunidad. Además de la energía, este tipo de Comunidades tienen unos costes mayores de Confederación Hidrográfica, al tener que amortizar las obras realizadas. Dichos indicadores se muestran en las figuras comprendidas entre la Figura 4.17 y Figura 4.21.

Las Comunidades de El Villar y Piedras-Guadiana son las que poseen unos mayores costes energéticos, motivados por las alturas a las que es necesario elevar el agua. Es un gasto difícil de disminuir y en parte justifica los altos costes de manejo del sistema de estas zonas. Genil-Cabra es la Comunidad con menores costes energéticos, motivado por la escasa altura que es necesario dar al agua y por poseer parte de la red de gravedad, gracias a la diferencia de cota entre el origen del agua y parte de la zona regable.

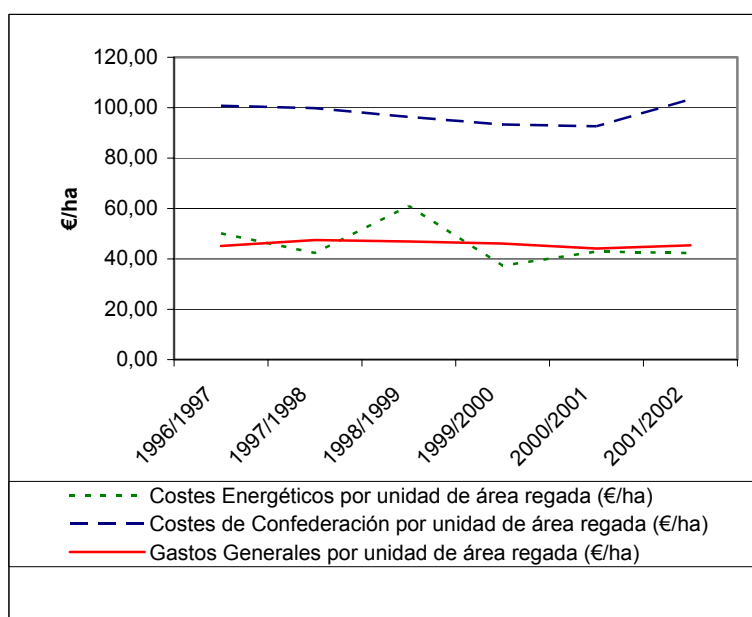


Figura 4.17. Ampliación de indicadores financieros para Genil-Cabra

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

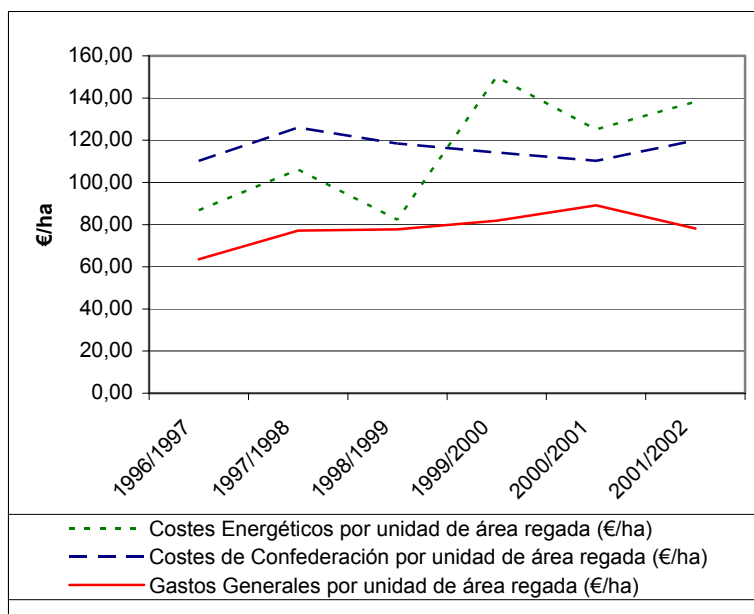


Figura 4.18. Ampliación de indicadores financieros para Fuente Palmera

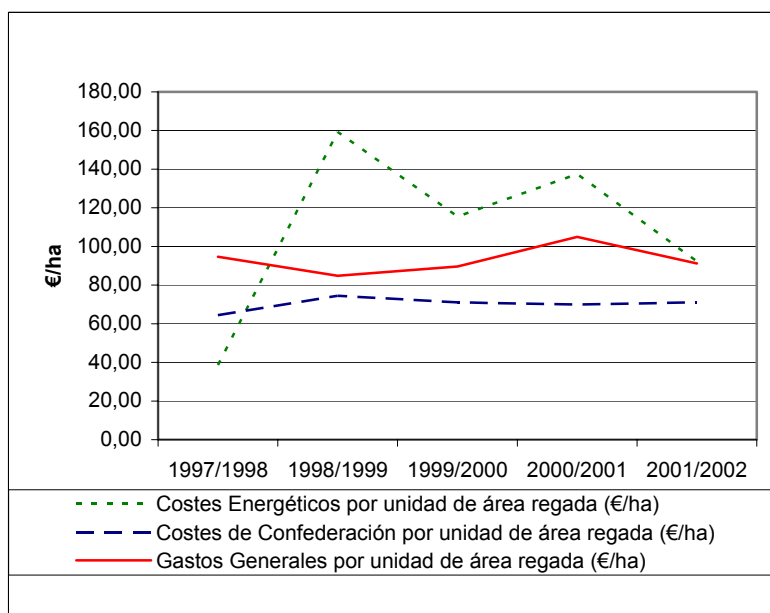


Figura 4.19. Ampliación de indicadores financieros para el sector B XII

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

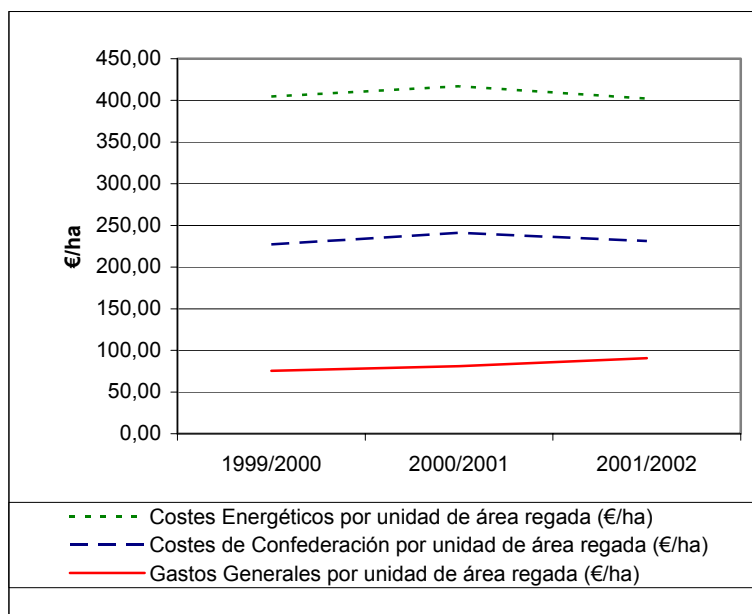


Figura 4.20. Ampliación de indicadores financieros para Piedras-Guadiana

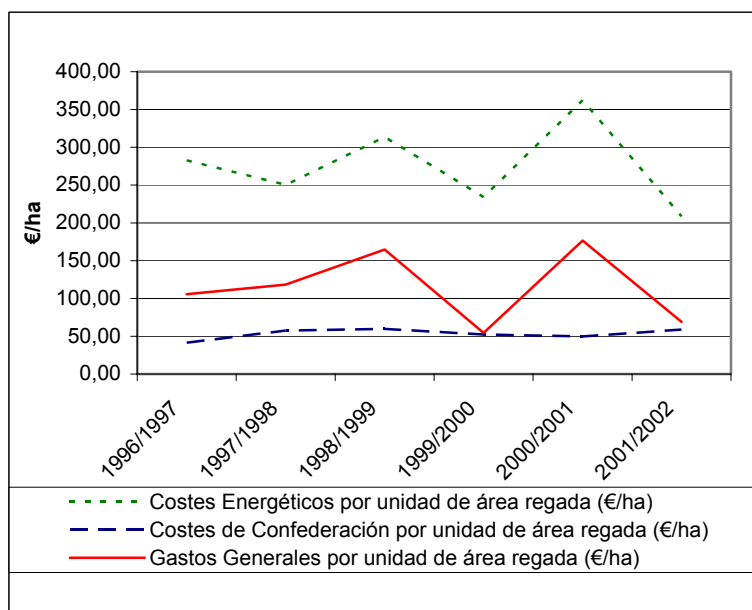


Figura 4.21. Ampliación de indicadores financieros para El Villar

También se aprecia variabilidad en los costes de Confederación Hidrográfica. Los más altos son los de Piedras-Guadiana, debidos a que la Comunidad se encuentra en la cuenca del río Guadiana, la cual factura a sus usuarios de distinta forma, concretamente por cantidad de agua consumida.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Dentro de las Comunidades pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, también se aprecia una gran diferencia en costes de Confederación. El Villar, una Comunidad de iniciativa privada, no llega a los 60 €/ha, mientras que Comunidades como Genil-Cabra y Fuente Palmera sobrepasan los 120 €/ha, debido a que mediante ellos deben satisfacer parte de las amortizaciones de las obras realizadas.

4.5.3. Análisis de la fiabilidad de los datos (IGF)

En los apartados anteriores se han mostrado los indicadores de gestión tomados en cada una de las Comunidades de Regantes estudiadas. No obstante, es necesario destacar que no todos los datos poseen la misma calidad lo que, por consiguiente, podría alterar las conclusiones obtenidas.

Para tener en cuenta el efecto de la incertidumbre en los datos tomados, se desarrolló el Índice General de Fiabilidad (IGF), el cual se desarrolla en el apartado 4.4.4. En la Tabla 4.18 se incluyen los valores del IGF para las nueve Comunidades de Regantes estudiadas.

Tabla 4.18. Valores del IGF

Zona	IGF
Bembézar MD	4,07
El Rumblar	4,6
Guadalmellato	4,67
Bembézar MI	5,12
Sector BXII	6,3
El Villar	6,6
Piedras-Guadiana	7,8
Fuente Palmera	9,34
Genil-Cabra	9,7

Lógicamente, la fiabilidad de los datos de las zonas tradicionales es inferior a las que poseen red a presión, debido a que no existen medidas intermedias de caudales, algo con un peso especial en el desarrollo del IGF.

4.5.4. Importancia de los indicadores ambientales

En los apartados anteriores no se han incluido los valores de los indicadores ambientales. Esto es debido a que no se suele realizar ningún tipo de medida de ellos en las Comunidades de Regantes. La única excepción encontrada es la zona regable del Genil-Cabra, en donde se toman periódicamente la conductividad eléctrica del agua de riego, el contenido total de sales y el pH.

En la Tabla 4.19 se ofrecen los datos de pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido total de sales (CTS) registrados en la Comunidad de Regantes del Genil-Cabra a partir del 28 de octubre de 2002.

Tabla 4.19. Indicadores ambientales en el Genil-Cabra

Fecha	pH	CE (dS/m)	CTS (g/l)
28/10/02	8,6	3,8	2,432
6/11/02	8,6	2,7	1,728
20/11/02	8	1,8	1,152
5/12/02	8	1,8	1,152
11/02/03	7,7	1,7	1,088
9/04/03	9	2,3	1,472
23/04/03	7,7	2,2	1,408

Como se puede observar sólo se supera el valor de 3.5 en la conductividad eléctrica en la primera medida, lo que indica de forma general que la salinidad en el agua de riego no supone un problema para los cultivos.

Durante este trabajo, se ha realizado una caracterización de la calidad del agua de riego en la Comunidad de Regantes de la margen izquierda del río Bembézar (Pavón, 2003). Se estudió la evolución de la conductividad eléctrica y del pH del agua de riego y de drenaje a lo largo de la campaña de riego 2002, la cual comenzó a finales de Mayo y terminó en Septiembre.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Se tomaron cuatro puntos de muestreo debido a que nuestro objetivo fue el de evaluar la calidad del agua en el origen de la presa, la evolución espacial de la misma hasta su entrada en la parcela de estudio y su posterior devolución al río Guadalquivir a través del drenaje. En la Figura 4.22 se muestra un esquema de la Comunidad de Regantes de la margen izquierda del Río Bembézar y la localización de los cuatro puntos de muestreo considerados.

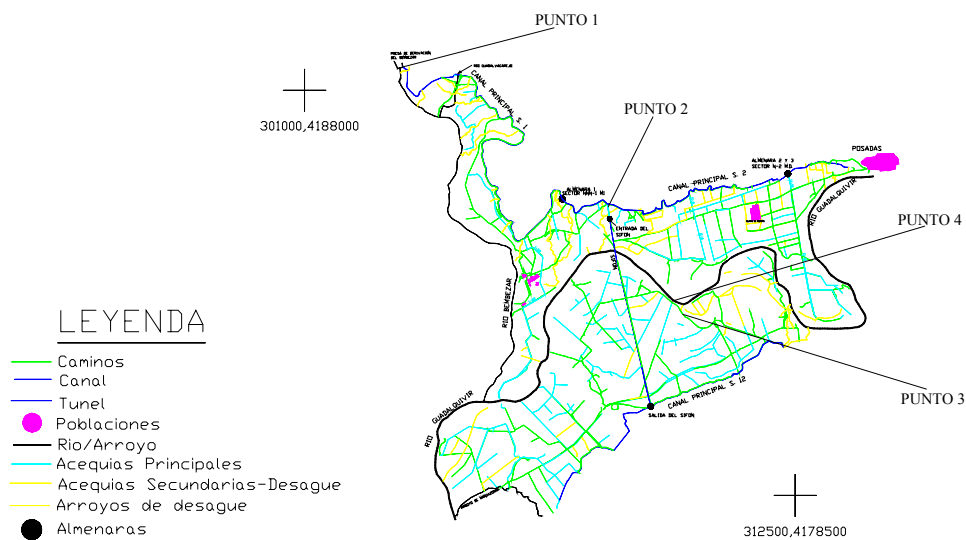


Figura 4.22. Localización de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron:

- Punto 1: salida del agua de la presa de derivación del Bembézar (Figura 4.23)



Figura 4.23. Salida del agua de la presa de derivación del Bembézar al canal

- Punto 2: derivación del canal (Figura 4.24).



Figura 4.24. Derivación del canal

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

- Punto 3: entrada a la parcela de estudio (Figura 4.25).



Figura 4.25. Entrada del agua a la parcela

- Punto 4: drenaje al Río Guadalquivir (Figura 4.26).



Figura 4.26. Drenaje del agua al río Guadalquivir

En la Tabla 4.20 se muestra la media y la desviación típica de los valores del pH y de la conductividad eléctrica del agua en cada uno de los puntos estudiados.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.20. Conductividad eléctrica y pH en cada punto de muestreo

Indicador	Unidad	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4	
		media	desviación	media	desviación	media	desviación	media	desviación
pH		7,60	0,153	7,59	0,217	7,61	0,206	7,63	0,127
CE	dS/m	0,182	0,010	0,187	0,037	0,219	0,037	0,268	0,041

La evolución temporal del pH no presenta variaciones significativas. En cambio, la CE si presenta mayores oscilaciones durante la campaña de riego. La variación temporal de la CE se muestra en la Figura 4.27.

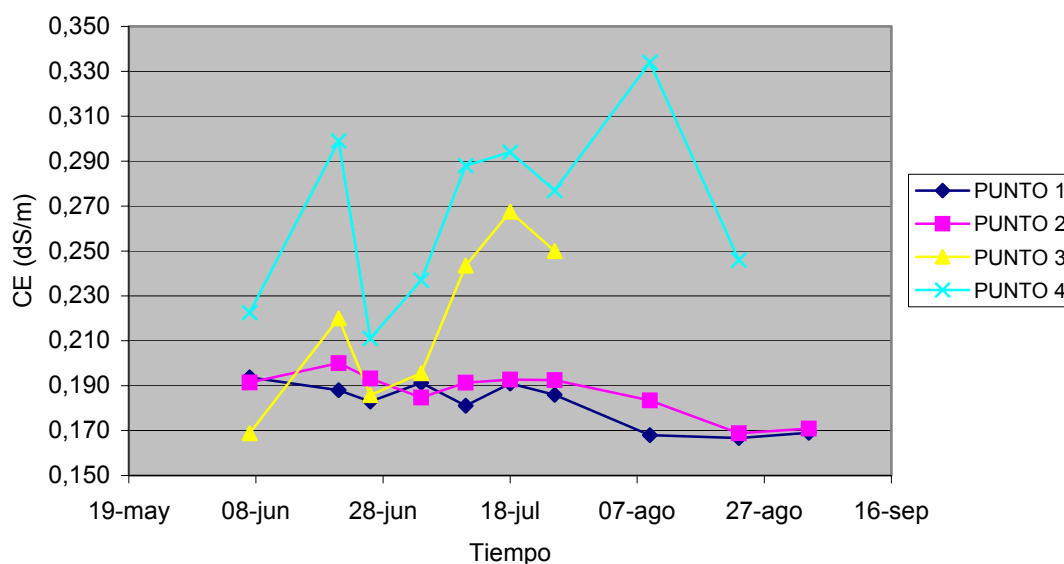


Figura 4.27. Evolución temporal de la conductividad eléctrica (CE)

Según Ayers y Westcot (1985) los valores de la conductividad eléctrica y del pH, obtenidos en el análisis, muestran que el agua utilizada en la margen izquierda del río Bembézar es adecuada para el riego.

4.6. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha desarrollado una metodología para la caracterización de Comunidades de Regantes mediante indicadores de gestión, empleando el conjunto de indicadores desarrollado por el IPTRID y una posterior ampliación de indicadores financieros particularizados para las Comunidades de Regantes de nuestro entorno.

La comparación de los indicadores de unas zonas y otras ha permitido obtener conclusiones sobre qué prácticas suponen un uso más eficiente del agua de riego. Concretamente, las zonas modernizadas con red a presión usan el agua de una forma más eficiente, obteniendo un mayor rendimiento a cada metro cúbico de agua suministrada. En cambio, no existe relación entre si una zona es modernizada o no y su productividad por hectárea. Esto lleva a pensar que los procesos de modernización de zonas regables suelen quedar en meras rehabilitaciones, en las que se mejoran las infraestructuras, introduciendo redes a presión, pero no se presta demasiada atención a nuevas prácticas de manejo o distintas rotaciones de cultivos, las cuales podrían ser factibles con las nuevas infraestructuras instaladas.

Un aspecto a destacar es el coste del agua, muy superior porcentualmente para los usuarios de redes a presión, al tener que hacer frente a amortizaciones de las obras realizadas y al coste energético, el cual llega a ser el mayor en algunas de las zonas estudiadas. Este coste hace que se use el agua de forma más eficiente, llegando en algunos casos a aplicar un riego deficitario.

La tarifa binómica, en la que el agricultor paga una parte de los gastos por unidad de superficie y otra por volumen de agua consumido, demuestra ser adecuada para la búsqueda de un uso más eficiente del agua de riego. En cambio, la tarifa por superficie regada, en la que el agricultor paga una cantidad fija proporcional a la superficie a regar, no es la más adecuada para fomentar un ahorro de agua.

La red de distribución también influye en la cantidad de agua aplicada. Una red de riego por superficie, antigua y organizada a la demanda ofrece menores posibilidades de reducir el volumen de agua de riego, debido principalmente a la baja eficiencia de distribución en la red y al manejo del riego, con unas pérdidas mayores. Además de esto, la ausencia de aforadores en parcela no hace posible la aplicación de una tarifa binómica.

A la calidad del agua de riego no se le presta aún demasiada atención dentro de las Comunidades de Regantes, siendo habitual la ausencia de cualquier tipo de medida de los indicadores ambientales.

4.7. BIBLIOGRAFÍA

- Ayers, R. y D. Westcot. 1985. *Water Quality for Agriculture*. FAO. Irrigation and Drainage
- Burt, C.M. 2001. *Rapid appraisal process (RAP) and benchmarking. Explanation and tools*. Irrigation Training and Research Center.
- Burt, C.M.; Clemmens, T.S.; Strelkoff, K.H.; Solomon, R.D.; Bliesner, L.A.; Ardí, T.A. Howell, T.A. y D.E. Eisenhauer. 1997. *Irrigation Performance Measures – Efficiency and Uniformity*. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE 123(6):423-442
- Consejería de Agricultura y Pesca. 2003. www.cap.junta-andalucia.es. Junta de Andalucía.
- Dayton-Johnson, J. 1999. *Irrigation organization in Mexican unidades de riego*. Irrigation and Drainage Systems. 13: 55-74

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

- Del Campo, A. 2002. *Las Comunidades de Regantes en España y su Federación Nacional*. Federación Nacional de Comunidades de Regantes (FENACORE)
- González, F. y A. Kandiah. 2003. *Emerging experiences of benchmarking in the irrigation and drainage sector*. II Workshop on Holistic Benchmarking. Washington D.C. (EEUU).
- Hydro Environmental. 2002. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 2000/01*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.
- Irrigation Training and Research Center. 2002. *Benchmarking of flexibility and needs*. USBR Mid-Pacific Region. EEUU.
- Kloezen, W. H. y C. Garcés. 1998. *Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators. The case of the Alto Río Lerma Irrigation District, México*. Research Report 22. International Water Management Institute.
- Levine, G. 1982. *Relative Water Supply: An explanatory variable for irrigation systems*. Technical Report No. 6. Cornell University. Ithaca, New York. EEUU.
- Malano, H. y M. Burton. 2001. *Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector*. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2001. *Plan Nacional de Regadíos. Horizonte 2008*. Madrid.

- Pavón, R. 2003. *Estudio de los indicadores ambientales y de comportamiento del riego en la Zona Regable del Bembézar Margen Izquierda*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Pérez, L. 2003. *Aplicación para el uso de los Indicadores de Gestión en las zonas regables*. Trabajo profesional fin de carrera. Universidad de Córdoba.
- Pérez, L.; Rodríguez, J. A.; Camacho, E.; López, R.; Roldán, J.; Alcalde, M.; Ortiz, J. A. y R. Segura. 2003. *IGRA. An Approach for the application of the benchmarking initiative to irrigation areas*. ICID-CIID. 54th International Executive Council. 20th European Regional Conference. Montpellier.
- Rodríguez, J.A.; Camacho, E. y R. López. 2003. *Applying Benchmarking and Data Envelopment Analysis (DEA) to Irrigation Districts in Spain*. ICID Journal. Aceptado para publicación.
- Sumpsi, J. M.; Garrido, A.; Blanco, M.;Varela, C. y E. Iglesias. 1998. *Economía y Política de Gestión del Agua en la Agricultura*. Ediciones Mundi-Prensa.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

**ANEJO 4.1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS
VARIABLES EMPLEADAS POR EL IPTRID**

Variable	Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios
Definición	Volumen de agua suministrada a los usuarios durante la campaña agrícola. Se deben incluir tanto a los regantes autónomos como a las comunidades de riego.
Especificaciones para la toma de datos	Localización: Medido en la intersección del sistema de distribución y la toma del usuario. Frecuencia: Viene determinada por la frecuencia y las fluctuaciones que van a existir en el flujo. Para asegurar suficiente precisión, el caudal debería ser medido al menos dos veces al día. La mayor precisión se obtendría mediante medidas continuas del caudal con sistemas electrónicos.
Tratamiento de la información	El caudal medido diariamente se convierte en volumen suministrado, siendo necesario conocer el tiempo de riego.
Unidades	Expresado en metros cúbicos (m ³)

Variable	Volumen de agua de riego que entra al sistema
Definición	Cantidad de agua desviada o bombeada para el riego (no incluye las pérdidas por drenaje interno o en la derivación)
Especificaciones para la toma de datos	Localización: Debe ser medido en el punto de la derivación del agua, en el caso de gravedad, o en la estación de bombeo, en caso de redes a presión. Frecuencia: Viene determinada por la frecuencia y las fluctuaciones que van a existir en el flujo. Para asegurar suficiente precisión, el caudal debería ser medido al menos dos veces al día. La mayor precisión se obtendría mediante medidas continuas del caudal con sistemas electrónicos.
Tratamiento de la información	El caudal medido diariamente se convierte en volumen suministrado, siendo necesario conocer el tiempo de riego. El volumen total sería el resultado de agregar los volúmenes diarios.
Unidades	Expresado en metros cúbicos (m ³)

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Variable	Volumen total de agua que entra al sistema
Definición	Volumen total de agua superficial desviada al sistema, las extracciones netas de aguas subterráneas, más el agua de lluvia. No se incluye la recirculación del drenaje interno.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: Debe ser medido en el punto de la derivación del agua, en el caso de gravedad, o en la estación de bombeo, en caso de redes a presión. En situaciones en las que haya flujos adicionales y/o derivaciones para alguna finalidad distinta al riego, ej: suministro urbano, industrial, etc. Se debe calcular el balance de flujos netos destinados para riego. Los flujos procedentes del drenaje interno deben ser descontados de la cantidad de agua total. Para el cálculo de la precipitación efectiva, se recomienda el uso del modelo del USDA-SCS.</p> <p>Frecuencia: Viene determinada por la frecuencia y las fluctuaciones que van a existir en el flujo. Para asegurar suficiente precisión, el caudal debería ser medido al menos dos veces al día. La mayor precisión se obtendría mediante medidas continuas del caudal con sistemas electrónicos.</p>
Tratamiento de la información	<p>El caudal medido diariamente se convierte en volumen suministrado, siendo necesario conocer el tiempo de riego. El volumen total sería el resultado de agregar los volúmenes diarios.</p> <p>La precipitación efectiva, deberá ser calculada con datos mensuales, mediante la metodología del USDA-SCS.</p>
Unidades	Expresado en metros cúbicos (m ³)

Variable	Número de días con el drenaje inundado
Definición	Número de días en los que la salida del drenaje se encuentra inundada.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: El nivel del agua debe ser medido en la salida del sistema, ya sea en el canal o en el colector. En ambos casos, el nivel en el canal receptor o en el colector no debería estar cercano al nivel en la tubería de salida.</p> <p>Frecuencia: El nivel del agua debe ser medido basándose en medidas diarias en el canal o colector al nivel de la salida del drenaje. Para considerar que el drenaje se encuentra inundado se necesita un período mínimo de 6 a 12 horas.</p>
Tratamiento de la información	El número total de días es el resultado de agregar el número de días en los que la salida del drenaje se encuentra sumergida.
Unidades	Expresado en días

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Variable	Superficie regable
Definición	Es el área nominal o de diseño provista de infraestructura de riego.
Especificaciones para la toma de datos	Esta área, se obtiene del diseño del sistema de riego y de la superficie que éste abarca. Sobre este valor se deberán realizar los ajustes para obtener la superficie regada.
Tratamiento de la información	Para obtener el área de todo el sistema, será necesario agregar el área de diseño de todas las unidades terciarias.
Unidades	Expresado en hectáreas (ha)

Variable	Superficie regada
Definición	Representa la superficie total a la que suministra agua el sistema a lo largo del año.
Especificaciones para la toma de datos	Este valor es el resultado de multiplicar la superficie que cubre el sistema por un factor que representa la intensidad de cultivos que van a existir a lo largo del año.
Tratamiento de la información	El área cultivada en cada campaña agrícola es el resultado de agregar las superficies sembradas con cada uno de los cultivos. Por ejemplo, si tenemos un área de suministro de 10000 ha, en la estación de lluvias sembramos 8000 ha y en la seca 6000 ha, el área de servicio sería de 14000 ha y el coeficiente de intensidad de cultivos 1.4.
Unidades	Expresado en hectáreas (ha)

Variable	Volumen de agua consumida por los cultivos (ET_c)
Definición	Volumen de agua demandada por los cultivos. Para arroz se deben incluir las pérdidas por percolación.
Especificaciones para la toma de datos	Localización: La evapotranspiración de los cultivos deberá ser calculada mediante el modelo FAO CROPWAT, para cada cultivo de la zona regada. Frecuencia: Preferiblemente, la ET debe ser medida diariamente. Si esto no es posible, deberán tomarse los intervalos más cortos que el sistema permita. El cálculo de la ET incluirá el ciclo del cultivo al completo, desde la siembra hasta la recolección.
Tratamiento de la información	El volumen total de agua consumida por los cultivos de la zona regable, viene dado por la suma ponderada del agua consumida por cada uno de los cultivos. $VET_c = \sum_{\text{cultivos}} ET_{ci} \cdot A_i$ <p>VET_c = Volumen total de agua consumida por los cultivos (m^3) ET_{ci} = Evapotranspiración del cultivo i, desde la siembra hasta la recolección A_i = Área sembrada con el cultivo i</p>
Unidades	Expresado en metros cúbicos (m^3)

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Variable	Necesidades anuales de riego (ET_c-P)
Definición	Volumen de agua de riego requerida por los cultivos. Para el arroz con cáscara, las pérdidas por percolación deben ser incluidas.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: La evapotranspiración de los cultivos deberá ser calculada mediante el modelo FAO CROPWAT, para cada cultivo de la zona regada. La estimación de la precipitación efectiva puede ser difícil de estimar en algunas circunstancias. En CROPWAT están incluidos varios métodos para la estimación de la precipitación efectiva. No obstante, se recomienda el uso del modelo del USDA-SCS.</p> <p>Frecuencia: Preferiblemente, la ET debe ser medida diariamente. Si esto no es posible, deberán tomarse los intervalos más cortos que el sistema permita. El cálculo de la ET incluirá el ciclo del cultivo al completo, desde la siembra hasta la recolección.</p>
Tratamiento de la información	<p>El volumen total de agua consumida por los cultivos de la zona regable, viene dado por la suma ponderada del agua consumida por cada uno de los cultivos.</p> $VET_c = \sum_{\text{cultivos}} ET_{ci} \cdot A_i$ <p>VET_c = Volumen total de agua consumida por los cultivos (m^3) ET_{ci} = Evapotranspiración del cultivo i, desde la siembra hasta la recolección A_i = Área sembrada con el cultivo i</p>
Unidades	Expresado en metros cúbicos (m^3)

Variable	Capacidad de suministro
Definición	Volumen de agua que puede suministrar el sistema en la cabeza del mismo.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: Debe ser determinada en la cabeza del sistema. En el caso de canales, se asume lámina libre según las especificaciones del canal. En caso de no estar disponible, puede ser determinado mediante cualquier sistema de medida del flujo.</p> <p>Frecuencia: Necesita ser determinado cada año al inicio de la campaña de riego.</p>
Tratamiento de la información	
Unidades	Expresado en metros cúbicos por segundo (m^3/s)

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Variable	Demanda máxima de agua
Definición	Representa la punta de demanda de agua de riego en la cabecera del sistema.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: El cálculo está basado en las necesidades máximas mensuales de los cultivos. La zona de riego, distribución y el sistema de distribución de agua, son necesarios para convertir este valor en el que existirá en la cabecera del sistema. En el caso del arroz con cáscara, los requerimientos punta pueden coincidir con la preparación del suelo.</p> <p>Frecuencia: Se determina cada campaña.</p>
Tratamiento de la información	Es necesaria la eficiencia en la distribución del agua y las evapotranspiraciones mensuales de los cultivos.
Unidades	Expresado en metros cúbicos por segundo (m ³ /s)

Variable	Derechos de agua
Definición	Volumen de agua al que la zona regable tiene derecho cada año.
Especificaciones para la toma de datos	Hace referencia a la cantidad de agua o caudal a las que se tiene derecho, tomando bien una media de varios años, o registrando la variación que se tendrá cada campaña. El derecho a volumen es más común en sistemas regulados, mientras que el derecho a caudal es usado en sistemas de regulación de aguas de ríos.
Tratamiento de la información	
Unidades	Expresado en volumen (m ³) o caudal (m ³ /s)

Variable	Garantía de suministro
Definición	Frecuencia con la que el sistema va a ser capaz de suministrar todo lo determinado en los derechos de agua.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: Se considera el punto de entrega al consumidor. Para un único usuario, hace referencia a la cantidad total de agua disponible para la explotación o por unidad de área. Para comunidades de usuarios, hace referencia a la cantidad disponible en el punto en el que la distribución del agua pasa a ser responsabilidad de la comunidad. En las ocasiones en las que la cantidad de agua esté referida a la entrada del sistema, puede ser convertida a la que llega al usuario mediante la eficiencia en la distribución.</p> <p>Frecuencia: Suele ser especificado solo una vez, aunque en algunas localidades se especifica anualmente.</p>
Tratamiento de la información	Se requieren dos valores para especificar la garantía de suministro: (a) Volumen de derechos de agua (b) La probabilidad de excedencia
Unidades	Porcentaje de años en los que puede asegurarse que va a haber suficiente agua.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Variable	Retornos brutos
Definición	Retornos que se reciben como consecuencia de los servicios que se prestan a los agricultores.
Especificaciones para la toma de datos	Incluye todos los retornos recibidos por el servicio de riego y drenaje, como pago por el agua suministrada y por el resto de servicios que usan la infraestructura de la empresa. Si el coste por los servicios de drenaje es facturado aparte, este deberá ser incluido también en los cálculos.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: estaciones, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en Euros (€).

Variable	Costes de manejo del sistema
Definición	Costes derivados de proporcionar los servicios de riego y drenaje. Excluyendo los costes de capital y de depreciación/ renovación.
Especificaciones para la toma de datos	Incluye todos los costes relacionados con el servicio de riego y drenaje: siendo estos: Coste del agua Coste del personal Coste de mantenimiento Electricidad Gastos de gestión (gastos administrativos, seguros, tasas, etc.)
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

Variable	Coste de mantenimiento
Definición	Gasto general en mantenimiento del sistema
Especificaciones para la toma de datos	Incluye todos los gastos relacionados con el mantenimiento de la infraestructura de riego y drenaje. No debería incluir grandes reparaciones ni trabajos de rehabilitación.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Variable	Coste del personal relacionado con el riego y el drenaje
Definición	Coste del personal relacionado con los servicios de riego y drenaje.
Especificaciones para la toma de datos	Incluye el coste de todo el personal empleado por la empresa, incluyendo contratistas, empleados en labores administrativas, en la dirección y en la producción.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

Variable	Número total de personas
Definición	Número total de personas empleadas por el servicio de riego y drenaje.
Especificaciones para la toma de datos	Se refiere a todo el personal empleado, incluyendo contratistas, personal relacionado con la dirección, con el manejo y con el mantenimiento. Se expresa en unidades Equivalent Full Time (EFT)
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: estaciones, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización y expresado en unidades EFT.
Unidades	Es necesario convertir las horas que un empleado trabaja a la semana a unidades EFT. Si un empleado a tiempo completo trabaja 38 horas semanales, su valor en EFT será de 1. Un empleado que trabaje 19 horas tendrá un EFT=0.5

Variable	Retornos brutos facturados
Definición	Cantidad total facturada a los usuarios como remuneración por los servicios prestados en riego y drenaje.
Especificaciones para la toma de datos	Incluye todas las facturas emitidas por la empresa como remuneración tanto por el suministro de agua como del resto de servicios prestados por la empresa mediante la infraestructura de riego y drenaje.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: estaciones, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Variable	Producción agrícola
Definición	Producción agrícola total de cada uno de los cultivos.
Especificaciones para la toma de datos	Tonelaje total de producción aprovechable obtenido de cada uno de los cultivos.
Tratamiento de la información	Los datos tomados por la organización de riego y drenaje normalmente son adecuados para este propósito.
Unidades	Expresado en toneladas métricas (Tm)

Variable	Valor total de la producción agrícola
Definición	Cantidad que reciben los agricultores por el total de la producción.
Especificaciones para la toma de datos	El valor de la producción se determina según los precios de los mercados locales. Para una comparación internacional, deberán ser convertidos a una unidad común de medida como se explica a continuación.
Tratamiento de la información	El valor total de la producción agrícola se calcula como sigue: $GVP = \left(\sum_{\text{cultivos}} A_i \cdot Y_i \cdot P_i \right) \cdot MU$ <p>Donde, Y_i= producción del cultivo i A_i= superficie sembrada con el cultivo i P_i= precio local del cultivo i MU= relación de cambio de monedas (€/moneda local)</p>
Unidades	Expresado en €.

Variable	Calidad del agua: Salinidad
Definición	Salinidad del agua de riego y de drenaje.
Especificaciones para la toma de datos	Localización: La salinidad del agua de riego debe ser medida en el punto de derivación en el caso de gravedad, o en el punto de entrega del agua en el caso de redes a presión. En los casos en los que tengamos otra clase de flujos adicionales, estos deberán ser medidos de forma separada. En el caso del agua de drenaje, la salinidad deberá ser medida en el punto en el que el agua abandona la zona regable, o justo antes de llegar a una masa de agua, como por ejemplo ríos, pantanos, etc. Frecuencia: Las frecuencias y las magnitudes de las fluctuaciones en el caudal determinarán la frecuencia de las medidas. Siendo típico el uso de intervalos semanales o mensuales.
Tratamiento de la información	Se requiere un único valor cada año. Las lecturas semanales o mensuales deberán ser convertidas mediante una media ponderada según el volumen de agua suministrado o de drenaje durante el intervalo de dicha toma de datos.
Unidades	Expresado en deci siemens por metro (dS/m)

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES
DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Variable	Calidad del agua: Biológica
Definición	Demanda biológica expresada como demanda biológica de oxígeno (DBO)
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: La demanda biológica de oxígeno del agua de riego debe ser medida en el punto de derivación en el caso de gravedad, o en el punto de entrega del agua en el caso de redes a presión. En los casos en los que tengamos otra clase de flujos adicionales, estos deberán ser medidos de forma separada. En el caso del agua de drenaje, la salinidad deberá ser medida en el punto en el que el agua abandona la zona regable, o justo antes de llegar a una masa de agua, como por ejemplo ríos, pantanos, etc.</p> <p>Frecuencia: Las frecuencias y las magnitudes de las fluctuaciones en el caudal determinarán la frecuencia de las medidas. Siendo típico el uso de intervalos semanales o mensuales.</p>
Tratamiento de la información	Se requiere un único valor cada año. Las lecturas semanales o mensuales deberán ser convertidas mediante una media ponderada según el volumen de agua suministrado o de drenaje durante el intervalo de dicha toma de datos.
Unidades	Expresado en miligramos por litro (mg/l)

Variable	Calidad del agua: Química
Definición	Demanda biológica expresada como demanda química de oxígeno (DQO)
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: La demanda química de oxígeno del agua de riego debe ser medida en el punto de derivación en el caso de gravedad, o en el punto de entrega del agua en el caso de redes a presión. En los casos en los que tengamos otra clase de flujos adicionales, estos deberán ser medidos de forma separada. En el caso del agua de drenaje, la salinidad deberá ser medida en el punto en el que el agua abandona la zona regable, o justo antes de llegar a una masa de agua, como por ejemplo ríos, pantanos, etc.</p> <p>Frecuencia: Las frecuencias y las magnitudes de las fluctuaciones en el caudal determinarán la frecuencia de las medidas. Siendo típico el uso de intervalos semanales o mensuales.</p>
Tratamiento de la información	Se requiere un único valor cada año. Las lecturas semanales o mensuales deberán ser convertidas mediante una media ponderada según el volumen de agua suministrado o de drenaje durante el intervalo de dicha toma de datos.
Unidades	Expresado en miligramos por litro (mg/l)

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Variable	Profundidad media de la capa freática
Definición	Profundidad media anual de la capa freática calculada mediante observaciones realizadas en el conjunto de la zona regable.
Especificaciones para la toma de datos	<p>Localización: La profundidad de la capa freática deberá ser estimada mediante una red de piezómetros distribuidos por toda la superficie de la zona regable, con una densidad suficiente para poder delimitar las líneas de contorno de la profundidad de la capa freática. La instalación de los piezómetros deberá seguir la metodología descrita en “FAO Irrigation and Drainage Paper... Drainage Design Factors”.</p> <p>Frecuencia: Lo más habitual es usar un intervalo mensual para dicha estimación.</p>
Tratamiento de la información	Se realiza la media de las lecturas individuales tomadas a lo largo de todo el año. De aquí se obtiene el valor único que se requiere en esta variable.
Unidades	Expresado en metros (m)

Variable	Cambio en la profundidad de la capa freática
Definición	Cambio en la profundidad media de la capa freática durante los últimos 5 años.
Especificaciones para la toma de datos	El cálculo de esta variable está basado en el realizado para la estimación de la profundidad media de la capa freática.
Tratamiento de la información	Se determina mediante la diferencia de la profundidad media de la capa freática durante los últimos 5 años.
Unidades	Expresado en metros (m)

Variable	Balance de sales
Definición	Diferencia entre el volumen de sales que entra al sistema y el volumen de sales que abandona el sistema.
Especificaciones para la toma de datos	<p><i>Sales que entran al sistema:</i> cantidad total de sales que entran al sistema a través del agua de riego. La salinidad del agua de riego debe ser medida en el punto de derivación en el caso de gravedad, o en el punto de entrega del agua en el caso de redes a presión. En los casos en los que tengamos otra clase de flujos adicionales, estos deberán ser medidos de forma separada.</p> <p><i>Sales que abandonan el sistema:</i> cantidad total de sales que abandonan el sistema a través del agua de riego y del sistema de drenaje. La salinidad deberá ser medida en el punto en el que el agua abandona la zona regable, o justo antes de llegar a una masa de agua, como por ejemplo ríos, pantanos, etc.</p>
Tratamiento de la información	La cantidad total de sales acumuladas puede ser estimada mediante la agregación de las lecturas individuales realizadas en cada uno de los intervalos de tiempo. Pueden variar bastante de acuerdo a las prácticas del manejo del riego que se realicen en la zona, se recomienda una lectura diaria de los datos de salinidad.
Unidades	Expresado en toneladas (t)

**ANEJO 4.2. METOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LAS NUEVAS
VARIABLES NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE LOS
INDICADORES FINANCIEROS**

Variable	Coste energético
Definición	Coste de la energía necesaria para el bombeo del agua
Especificaciones para la toma de datos	Incluye todos los costes relacionados con la energía necesaria para el bombeo del agua, como por ejemplo: Energía empleada en dar la presión de trabajo requerida en la red. Elevaciones de agua a balsas de regulación. Relevaciones de agua en redes de distribución por gravedad.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

Variable	Gastos generales
Definición	Gastos necesarios para el funcionamiento de la comunidad, Excluyendo los costes energéticos y los de Confederación Hidrográfica.
Especificaciones para la toma de datos	Incluye todos los costes relacionados con el servicio de riego y drenaje, exceptuando los costes energéticos y los de Confederación Hidrográfica. Las partidas incluidas son: Coste del personal Coste de mantenimiento Gastos de gestión (gastos administrativos, seguros, tasas, etc.)
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS
TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Variable	Costes de gestión de la comunidad
Definición	Costes derivados de la gestión de la comunidad.
Especificaciones para la toma de datos	Costes derivados de la gestión de la comunidad, tales como gastos en teléfono, seguros, tasas, asesoramiento legal, alquiler y material de oficina, etc. Se excluyen las partidas: Coste de mantenimiento Coste de personal Coste energético Costes de Confederación Hidrográfica
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

Variable	Costes de Confederación
Definición	Costes de Confederación Hidrográfica
Especificaciones para la toma de datos	Cantidad a pagar a la Confederación Hidrográfica por la Comunidad de Regantes. Se incluyen las partidas: Canon por los derechos del agua. Tarifa de amortización de obra.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

Variable	Canon
Definición	Canon de Confederación Hidrográfica.
Especificaciones para la toma de datos	Cantidad a pagar a la Confederación Hidrográfica por los derechos del agua.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos períodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Variable	Tarifa
Definición	Tarifa de Confederación Hidrográfica.
Especificaciones para la toma de datos	Cantidad a pagar a la Confederación Hidrográfica por la amortización de las obras realizadas para el suministro del agua.
Tratamiento de la información	Para esta variable se requiere un único valor anual. Si los cobros se realizan según distintos periodos: campañas, bianual, etc. Los resultados deberán ser agregados hasta poder ofrecer un único valor anual, acorde al calendario fiscal de la organización.
Unidades	Expresado en €.

ANEJO 4.3. IGRA. APLICACIÓN DE INDICADORES DE GESTIÓN DE RIEGOS

IGRA es una herramienta útil para calcular, tratar y usar los Indicadores de Gestión en el marco de distintas zonas regables, definiéndolos a partir de un amplio abanico de descriptores de la zona de riego y variables de la campaña de riegos. De este modo, es posible establecer una serie de comparaciones entre distintas zonas y campañas, entrando así en algunas fases del procedimiento de benchmarking (comparación con el patrón de referencia).

La aplicación informática IGRA se ha desarrollado en el lenguaje de programación Visual Basic con un formato de documento múltiple (MDI), permitiendo así el trabajo dentro del propio programa con varias ventanas a la vez. Incorpora distintas fichas en las cuales se van introduciendo los datos referentes a los descriptores de la zona y a las variables de cada campaña, procediendo al cálculo automático de los indicadores a partir de dichas variables. Permite la posibilidad de visualizar, modificar e imprimir los informes relativos a los descriptores, variables e indicadores. A su vez incorpora una base de datos en la cual se van almacenando los valores de los indicadores de distintas zonas de riego en una campaña determinada. Posibilita la inclusión de nuevos registros y la visualización de los almacenados tanto por medio de fichas de registro como por una tabla general. Por último, permite comparar los indicadores por medio de gráficas.

La ventana principal tiene 3 partes diferenciadas: la zona de menús, la barra de herramientas y la zona de trabajo (Figura 4.28).

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

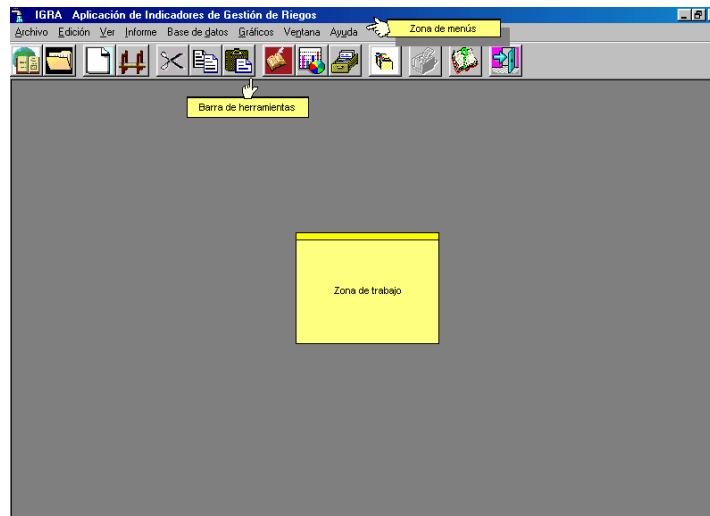


Figura 4.28. Ventana principal

En la ventana de descriptores, se presentan los distintos descriptores utilizados para caracterizar una zona de riego dispuestos en nueve categorías (Figura 4.29).

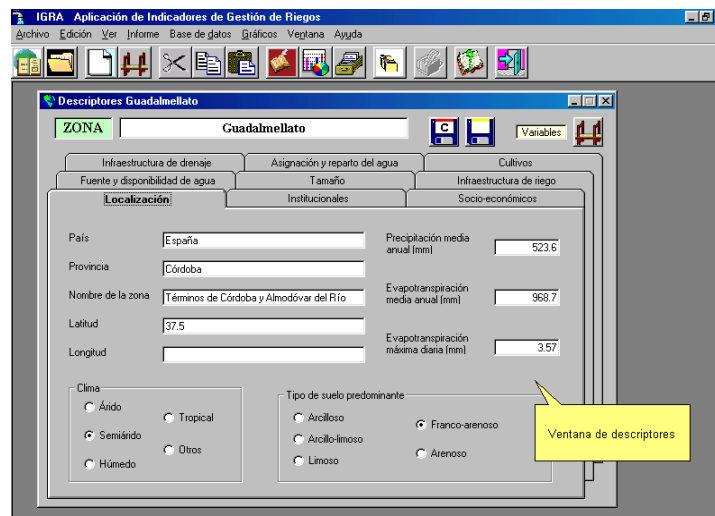


Figura 4.29. Ventana de descriptores

En la ventana de variables, se presentan las cuatro categorías de variables de riego que se corresponderán con la misma clasificación de indicadores. Los elementos de esta ventana son: el encabezado, con el nombre de la zona de riego y los años correspondientes a una campaña determinada; las 4 fichas con las categorías de variables y tres botones (para guardar la campaña y calcular los indicadores (Figura 4.30).

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

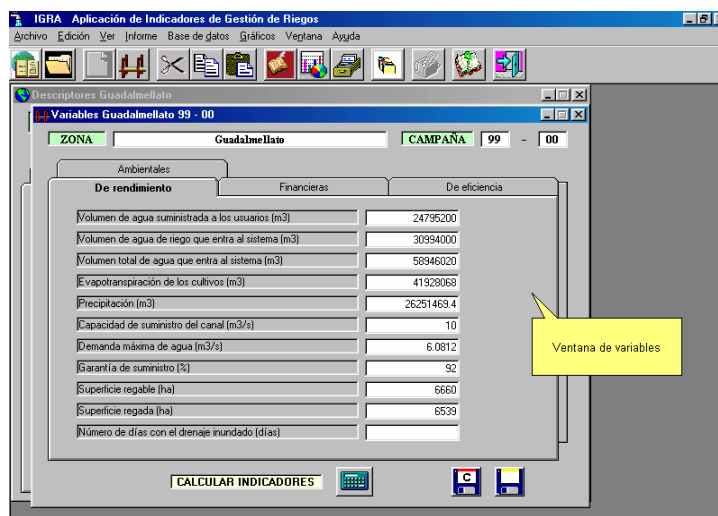


Figura 4.30. Ventana de variables

La ventana de indicadores, los presenta en cuatro fichas de categorías (Figura 4.31).

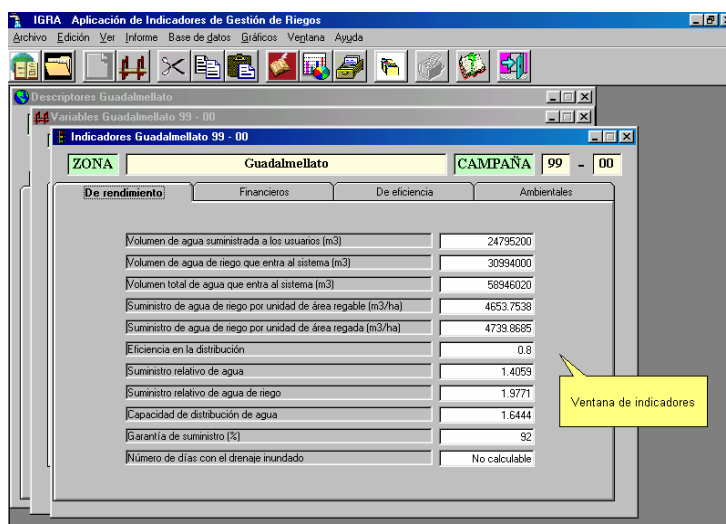


Figura 4.31. Ventana de indicadores

Las ventanas de informes, permiten la visualización de los descriptores, variables e indicadores de tal forma que éstos puedan obtenerse de forma impresa.

En la ventana de registros de la base de datos, se muestran los registros existentes en la base de datos de los indicadores. Se utiliza para añadir el registro correspondiente a los indicadores de la campaña con la que se esté trabajando en ese momento, visualizar los ya almacenados y eliminar los que no se deseen (Figura 4.32).

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

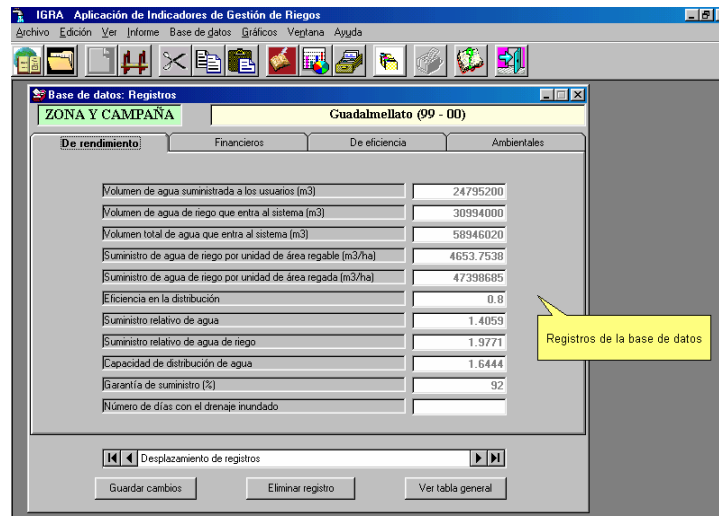


Figura 4.32. Ventana de registros de la base de datos

En la ventana de tabla general, se incluyen los indicadores de todas las campañas de distintas zonas que están incluidas en la base de datos en forma de registros. Cada fila contiene todos los indicadores de una misma campaña de una zona determinada. La primera columna contiene el nombre de las zonas y el año de las campañas correspondientes y las sucesivas columnas corresponden a cada uno de los indicadores (Figura 4.33). Permite aplicar un filtro de datos o eliminarlo.

Zona y campaña	Volumen de agua suministrada a los usuarios (m3)	Volumen de agua de riego que entra al sistema (m3)	Volumen total de agua que entra al sistema (m3)	Suministro de agua de riego por unidad de	Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m3/ha)	Eficiencia en la distribución	Suministro relativo de agua	Suministro relativo de agua de riego
Bembézar MD (95 - 96)		69865531	50448181.5	5865.2863	62550276		1.942	9.6054
Bembézar MD (96 - 97)		90906189	72017663.6	7753.3915	78982224		1.982	7.2688
Bembézar MD (97 - 98)		101406444	82834825.2	8513.1798	87333521		2.1581	20.5297
Bembézar MD (98 - 99)		100712000	25809951.9	8454.8805	86980404		1.4197	1.4954
Bembézar MD (99 - 00)		45767971	93974620.9	3842.2703	40258584		1.2232	1.2109
Guadalmellato (95 - 96)	32226400	40283000	87493667	6038.525	70535808	0.8	2.9714	-5.175
Guadalmellato (97 - 98)	44896800	56121000	100776426	8373.769	86982331	0.8	3.0375	-5.7838
Guadalmellato (98 - 99)	47028000	58785000	72442228	9960.183	101915742	0.8	1.9487	2.3507
Guadalmellato (99 - 00)	24795200	30994000	58946020	4653.7538	47398685	0.8	1.4059	1.9771

Figura 4.33. Ventana de la tabla de la base de datos

En la ventana de gráficos, se inserta la gráfica lineal correspondiente a los valores de un determinado indicador en las distintas zonas y campañas. Se representan en el eje

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

de abcisas, la zona y la campaña y en el de ordenadas, el valor que toma dicho indicador (Figura 4.34).

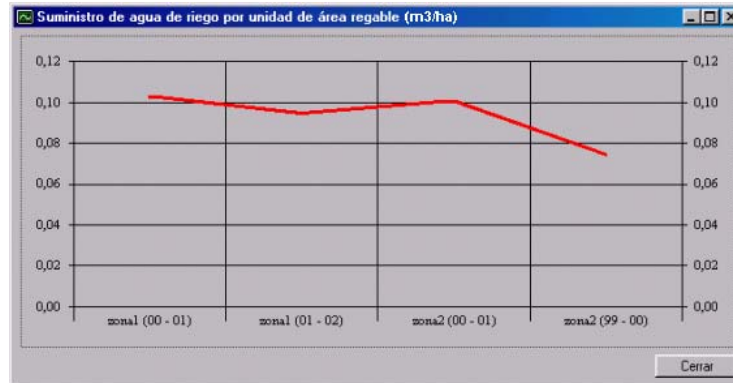


Figura 4.34. Ventana de gráficos

La aplicación incorpora una herramienta de Ayuda (Figura 4.35) mediante la cual se proporciona, de forma sencilla, asistencia al usuario para poder utilizarla correctamente. El formato de la ayuda es igual al de cualquier aplicación de Windows que use ayuda en formato HTML.

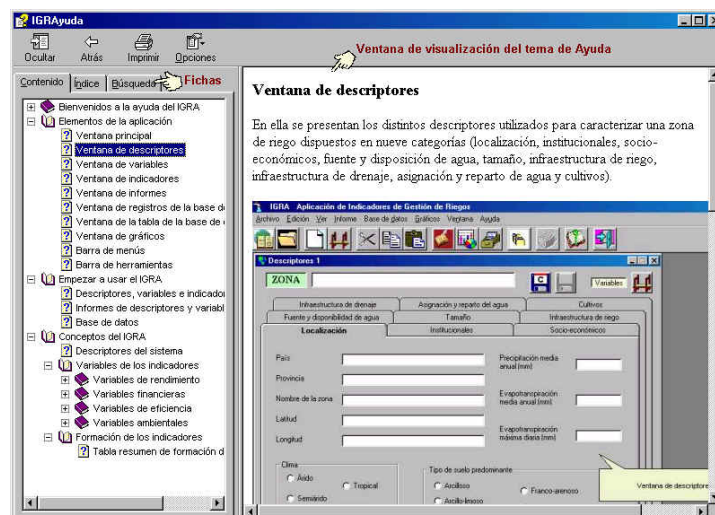


Figura 4.35. Ayuda de la aplicación

ANEJO 4.4. VALORES DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

En el presente anejo se muestran los resultados de la caracterización de las Comunidades de regantes mediante los indicadores desarrollados por el IPTRID y la ampliación de indicadores financieros.

Las tablas en las que se muestran los indicadores de cada una de las Comunidades estudiadas se muestran a continuación:

- **El Villar:** Tabla 4.21 y Tabla 4.22
- **Bembézar MI:** Tabla 4.23 y Tabla 4.24
- **Fuente Palmera:** Tabla 4.25 y Tabla 4.26
- **Guadalmellato:** Tabla 4.27 y Tabla 4.28
- **Genil-Cabra:** Tabla 4.29 y Tabla 4.30
- **Piedras-Guadiana:** Tabla 4.31 y Tabla 4.32
- **El Rumblar:** Tabla 4.33 y Tabla 4.34
- **Bembézar MD:** Tabla 4.35 y Tabla 4.36
- **Sector B XII:** Tabla 4.37 y Tabla 4.38

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.21. Indicadores del IPTRID para El Villar

Zona y campaña	El Villar (96 - 97)	El Villar (97 - 98)	El Villar (98 - 99)	El Villar (99 - 00)	El Villar (00 - 01)	El Villar (01 - 02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	9322320	8216388	13418830	9405608	8671696	8548119
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	9970540	8793220	14887020	9619360	9507730	9124902
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	28829008	27428156	20630702	20651482	28295322	22168812
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	3657,6	3225,7	5461,1	3528,7	3487,8	3347,4
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	3712,0	3254,3	5649,7	3612,2	3543,7	3426,5
Eficiencia en la distribución	0,94	0,93	0,90	0,98	0,91	0,94
Suministro relativo de agua	1,57	1,59	1,22	1,20	1,94	1,14
Suministro relativo de agua de riego	9,66	22,24	1,23	1,18	-2,81	1,24
Capacidad de distribución de agua	1,08	0,98	1,00	1,05	1,27	0,96
Garantía de suministro (%)	70	70	70	70	70	70
Número de días con el drenaje inundado	-	-	-	-	-	-
Relación de recuperación de costes	1,02	0,95	0,89	1,17	0,58	1,10
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,047	0,069	0,019	0,019	0,013	0,013
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	388,19	368,67	478,41	288,63	538,61	277,65
Coste por persona empleada (€/persona)	17230,16	18898,55	20641,22	21654,54	22576,65	22362,88
Eficiencia en el cobro	1	1	1	1	1	1
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0020	0,0020	0,0021	0,0021	0,0020	0,0021
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,11	0,12	0,08	0,10	0,10	0,10
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,11	0,12	0,09	0,08	0,17	0,09
Producción agrícola (t)	8584	9715	12380	10820	13774	13277
Valor total de la producción agrícola (€)	5696898	5850805	8256469	6740298	8432158	7779121
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	2089,84	2146,30	3028,79	2472,60	3093,23	2853,68
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	2120,96	2165,36	3133,38	2531,09	3142,81	2921,19
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,61	0,71	0,62	0,72	0,97	0,91
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,57	0,67	0,55	0,70	0,89	0,85
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,20	0,21	0,40	0,33	0,30	0,35
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,31	0,34	0,49	0,39	0,58	0,40

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS
COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.22. Ampliación de indicadores financieros para El Villar

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos						
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	278,47	248,00	303,22	228,76	356,34	203,83
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	282,61	250,20	313,69	234,17	362,05	208,65
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,08	0,08	0,06	0,06	0,10	0,06
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,08	0,08	0,06	0,07	0,11	0,07
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,73	0,68	0,66	0,81	0,67	0,75
Costes de Confederación Hidrográfica						
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	40,93	57,12	57,67	51,01	49,06	57,48
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	41,54	57,62	59,66	52,22	49,85	58,84
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,11	0,16	0,12	0,18	0,09	0,21
Relación de Canon y Costes de Confederación	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastos Generales						
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	104,03	117,43	159,22	53,20	173,77	67,40
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	105,58	118,47	164,72	54,46	176,56	69,00
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,02
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,02
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,27	0,32	0,34	0,19	0,33	0,25
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,33	0,32	0,26	0,82	0,26	0,67
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,18	0,20	0,05	0,12	0,02	0,06
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,49	0,47	0,69	0,06	0,71	0,27
Costes de Personal						
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	34,76	38,13	41,65	43,69	45,55	45,12
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	35,28	38,47	43,08	44,72	46,28	46,19
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,09	0,10	0,09	0,16	0,09	0,17

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.23. Indicadores del IPTRID para Bembezár M.I.

Zona y campaña	Bembezár MI (96 - 97)	Bembezár MI (97 - 98)	Bembezár MI (98 - 99)	Bembezár MI (99 - 00)	Bembezár MI (00 - 01)	Bembezár MI (01 - 02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	17144817,6	17552688	16902564	8416920	16538028	16196688
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	28574696	29254480	28170940	14028200	27563380	26994480
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	52521353	52917294	35464320,5	28036890,5	51419348,8	43557279
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	8255,0	8451,4	8138,4	4052,6	7963,1	7798,7
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	8425,7	8590,7	8441,9	4145,2	8144,7	8047,5
Eficiencia en la distribución	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Suministro relativo de agua	2,02	2,06	1,39	1,20	2,02	1,61
Suministro relativo de agua de riego	6,92	12,79	1,45	1,19	10,09	2,26
Capacidad de distribución de agua	1,06	1,02	1,09	1,19	1,09	1,09
Garantía de suministro (%)	70	70	70	70	70	70
Número de días con el drenaje inundado	-	-	-	-	-	-
Relación de recuperación de costes	1	1	1	1	1	1
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,068	0,054	0,083	0,093	0,056	0,119
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	86,99	84,10	91,59	80,70	87,62	89,20
Coste por persona empleada (€/persona)	26594,79	29920,39	29449,59	29449,59	32214,25	31853,64
Eficiencia en el cobro	1	1	1	1	1	1
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Producción agrícola (t)	30787	32505	37194	30915	48936,51	52331,792
Valor total de la producción agrícola (€)	10255738,43	10618571,88	8421741,82	8421741,82	9770793,43	12189257,36
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	2962,80	3067,62	2432,97	2432,97	2822,79	3521,48
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	3024,06	3118,20	2523,72	2488,52	2887,18	3633,81
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,60	0,61	0,50	1,00	0,59	0,75
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,36	0,36	0,30	0,60	0,35	0,45
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,20	0,20	0,24	0,30	0,19	0,28
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,39	0,41	0,33	0,36	0,38	0,45

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.24. Ampliación de indicadores financieros para *Bembézar M.I.*

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos						
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes de Confederación Hidrográfica						
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	50,75	49,19	51,71	42,31	49,08	49,08
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	51,80	50,00	53,64	43,28	50,20	50,65
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,60	0,59	0,59	0,54	0,57	0,57
Relación de Canon y Costes de Confederación	0,86	0,88	0,89	0,86	0,89	0,89
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,14	0,12	0,11	0,14	0,11	0,11
Gastos Generales						
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	34,48	33,55	36,58	36,59	36,59	79,27
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	35,19	34,10	37,95	37,42	37,42	81,80
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,40	0,41	0,41	0,46	0,43	0,92
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,67	0,77	0,70	0,70	0,76	0,35
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,16	0,13	0,20	0,20	0,13	0,13
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,17	0,09	0,10	0,10	0,10	0,52
Costes de Personal						
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	23,05	25,93	25,52	25,52	27,92	27,61
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	23,53	26,36	26,48	26,11	28,56	28,49
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,27	0,31	0,29	0,32	0,33	0,32

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.25. Indicadores del IPTRID para Fuente Palmera

	Fuente Palmera (96 - 97)	Fuente Palmera (97 - 98)	Fuente Palmera (98 - 99)	Fuente Palmera (99 - 00)	Fuente Palmera (00 - 01)	Fuente Palmera (01 - 02)
Zona y campaña						
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	10762160	9666440	18473692	17081926	16350974	14125680
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	11698000	10507000	20080100	17873000	18370000	15354000
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	48086680	46464360	31162920	39160220	54621920	40513632
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	2224,0	1997,5	3817,5	3397,9	3492,4	2919,0
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	2444,5	2162,2	4127,8	3583,0	3618,4	2999,4
Eficiencia en la distribución	0,92	0,92	0,92	0,96	0,89	0,92
Suministro relativo de agua	1,44	1,44	0,91	1,07	1,36	0,96
Suministro relativo de agua de riego	4,78	-9,44	0,79	0,92	2,98	0,81
Capacidad de distribución de agua	1,48	1,33	1,27	1,24	1,11	1,10
Garantía de suministro (%)	60	60	60	60	60	60
Número de días con el drenaje inundado	-	-	-	-	-	-
Relación de recuperación de costes	0,96	0,91	0,97	1,00	1,05	0,98
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,053	0,064	0,067	0,051	0,066	0,040
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	260,42	309,25	278,45	346,02	324,50	336,30
Coste por persona empleada (€/persona)	26696,63	31556,15	31893,48	33516,70	35558,78	36165,71
Eficiencia en el cobro	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0015	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,11	0,14	0,07	0,10	0,11	0,12
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,12	0,16	0,07	0,10	0,10	0,12
Producción agrícola (t)	16766	18960	21721	22361	49620,76	57998,88
Valor total de la producción agrícola (€)	9900748	9582779	12188222	15702432	18158175	18318806
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	1882,27	1821,82	2317,15	2985,25	3452,12	3482,66
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	2068,94	1972,04	2505,51	3147,88	3576,69	3578,52
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,92	0,99	0,66	0,92	1,11	1,30
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,85	0,91	0,61	0,88	0,99	1,19
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,21	0,21	0,39	0,40	0,33	0,45
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,30	0,30	0,36	0,43	0,45	0,43

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS
COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.26. Ampliación de indicadores financieros para Fuente Palmera

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos						
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	78,93	98,01	76,13	142,29	120,78	134,51
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	86,76	106,09	82,32	150,04	125,14	138,21
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,04	0,05	0,02	0,04	0,03	0,05
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,04	0,05	0,02	0,04	0,04	0,05
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,33	0,34	0,30	0,43	0,39	0,41
Costes de Confederación Hidrográfica						
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	100,18	116,38	109,49	108,25	106,38	116,72
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	110,12	125,97	118,39	114,15	110,22	119,94
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,42	0,41	0,43	0,33	0,34	0,36
Relación de Canon y Costes de Confederación	0,41	0,49	0,46	0,45	0,44	0,49
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,59	0,51	0,54	0,55	0,56	0,51
Gastos Generales						
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	57,81	71,31	71,89	77,61	86,04	76,05
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	63,54	77,19	77,73	81,84	89,14	78,15
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,24	0,25	0,28	0,24	0,27	0,23
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,61	0,59	0,59	0,57	0,55	0,63
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,21	0,23	0,23	0,22	0,25	0,17
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,18	0,18	0,18	0,21	0,20	0,20
Costes de Personal						
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	35,53	41,99	42,44	44,60	47,32	48,13
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	39,05	45,46	45,89	47,03	49,03	49,45
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,15	0,15	0,16	0,14	0,15	0,15

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.27. Indicadores del IPTRID para Guadalquivir

Zona y campaña	Guadalquivir (95 - 96)	Guadalquivir (97 - 98)	Guadalquivir (98 - 99)	Guadalquivir (99 - 00)	Guadalquivir (00 - 01)	Guadalquivir (01 - 02)
Volumen de agua suministrada a los clientes (m ³)	32226400	44896800	47028000	24795200	41086400	37641040
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	40283000	56121000	58785000	30994000	51358000	47051300
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	87493667	100776426	72442228	58946020	113902485	103845815
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	6038,5	8373,8	9960,2	4653,8	4733,9	4336,9
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	7053,6	8698,2	10191,6	4739,9	7694,1	7064,8
Eficiencia en la distribución	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Suministro relativo de agua	2,97	3,04	1,95	1,41	2,46	2,47
Suministro relativo de agua de riego	-5,18	-5,78	2,35	1,98	5,57	4,84
Capacidad de distribución de agua	2,82	2,54	1,88	1,64	1,51	1,65
Garantía de suministro (%)	70	70	70	70	70	70
Número de días con el drenaje inundado	-	-	-	-	-	-
Ratio de recuperación de costes	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Ratio de costes de mantenimiento y retornos	0,040	0,042	0,034	0,036	0,040	0,043
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	176,87	185,18	217,50	183,42	163,89	156,58
Coste por persona empleada (€/persona)	20582,90	24217,25	25048,06	23262,70	23368,76	24542,68
Eficiencia en el cobro	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,003	0,0026	0,0029	0,0026	0,0025	0,0026
Retornos medios por m ³ del agua de riego suministrada (€/m ³)	0,031	0,026	0,026	0,047	0,026	0,027
Costes de manejo por unidad de agua suministrada (€/m ³)	0,031	0,027	0,027	0,048	0,027	0,028
Producción agrícola (t)	55694	82066	71535	53476	80432	71944
Valor total de la producción agrícola (€)	12778807	17049722,84	16235699	17745003	18585661	16846540
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	1915,58	2543,98	2750,88	2664,41	1713,12	1552,82
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	2237,58	2642,55	2814,79	2713,72	2784,37	2529,51
Productividad por unidad de agua suministrada (€/m ³)	0,40	0,38	0,35	0,72	0,45	0,45
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,32	0,30	0,28	0,57	0,36	0,36
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,15	0,17	0,22	0,30	0,16	0,16
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,43	0,51	0,44	0,42	0,40	0,40

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS
COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.28. Ampliación de indicadores financieros para Guadalquivir

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos						
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	12,60	13,13	14,91	14,98	8,08	7,45
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	14,71	13,64	15,26	15,26	13,14	12,13
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
Costes de Confederación Hidrográfica						
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	65,44	92,38	104,90	91,80	46,44	42,46
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	76,44	95,96	107,34	93,50	75,48	69,16
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,43	0,52	0,49	0,51	0,46	0,44
Relación de Canon y Costes de Confederación	0,37	0,35	0,35	0,59	0,39	0,45
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,37	0,65	0,65	0,41	0,61	0,56
Gastos Generales						
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	65,92	76,01	88,49	74,92	47,06	47,91
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	77,00	78,95	90,55	76,30	76,50	78,04
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,44	0,43	0,42	0,42	0,47	0,50
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,80	0,81	0,82	0,79	0,78	0,80
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,12	0,10	0,10	0,12	0,14	0,11
Costes de Personal						
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	52,45	61,43	72,15	59,38	36,62	38,46
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	61,27	63,81	73,82	60,48	59,52	62,65
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,35	0,34	0,34	0,33	0,36	0,40

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.29. Indicadores del IPTRID para el Genil-Cabra

Zona y campaña	Genil-Cabra (95-96)	Genil-Cabra (96-97)	Genil-Cabra (97-98)	Genil-Cabra (98-99)	Genil-Cabra (99-00)	Genil-Cabra (00-01)	Genil-Cabra (01-02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	14081728	32213872	32714555	62478209	37390907	36737306	37929611
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	23927010	41314000	34878000	66093500	39775600	38867800	44840800
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	119382536,6	119561916,3	128103468,5	95234935	97244799,44	112580260,3	104690737,1
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	1587,9	2741,8	2314,7	4386,4	2639,7	2579,5	2975,9
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	1660,7	2800,2	2409,8	4443,3	2721,0	2639,0	3047,8
Eficiencia en la distribución	0,59	0,78	0,94	0,95	0,94	0,95	0,85
Suministro relativo de agua	1,46	1,28	1,43	0,86	1,05	1,02	1,08
Suministro relativo de agua de riego	-5,06	1,81	69,25	0,79	0,70	0,87	1,10
Capacidad de distribución de agua	4,41	4,93	3,68	5,07	3,80	3,16	3,58
Garantía de suministro (%)	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7	66,7
Número de días con el drenaje inundado	-	-	-	-	-	-	-
Relación de recuperación de costes	0,98	1,00	0,99	0,99	0,99	1,00	0,99
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,020	0,016	0,018	0,021	0,024	0,028	0,026
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	132,10	196,03	189,30	204,26	176,76	155,99	191,07
Coste por persona empleada (€/persona)	15081,89	24420,56	26662,62	26476,32	29166,91	27481,63	27407,04
Eficiencia en el cobro	1	1	1	1	1	1	1
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0009	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010	0,0011	0,0011
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,13	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,14	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,07
Producción agrícola (t)	43502,32	54770,05	59972,9	67301,45	65729,3	142426	137886
Valor total de la producción agrícola (€)	30657942	42522273	42384625	45408250	43491370	47347759	47955007
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	2034,64	2822,03	2812,90	3013,56	2886,35	3142,28	3182,58
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	2127,85	2882,09	2928,45	3052,70	2975,19	3214,74	3259,46
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	2,18	1,32	1,30	0,73	1,16	1,29	1,26
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	1,28	1,03	1,22	0,69	1,09	1,22	1,07
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,26	0,36	0,33	0,48	0,45	0,42	0,46
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,38	0,45	0,47	0,41	0,47	0,43	0,49

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.30. Ampliación de indicadores financieros para el Genil-Cabra

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos						
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	23,71	49,09	40,63	60,23	36,23	41,94
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	24,76	50,13	42,38	61,01	37,35	42,90
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,19	0,26	0,22	0,30	0,21	0,27
Costes de Confederación Hidrográfica						
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	75,58	98,68	95,67	95,12	90,54	90,55
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	78,91	100,77	99,79	96,34	93,34	92,64
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,05	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,08	0,05	0,04	0,02	0,04	0,04
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,60	0,51	0,53	0,47	0,53	0,59
Relación de Canon y Costes de Confederación	0,42	0,56	0,55	0,54	0,52	0,52
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,58	0,44	0,45	0,46	0,48	0,48
Gastos Generales						
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	27,02	44,19	45,53	46,30	44,71	43,13
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	28,22	45,12	47,49	46,90	46,10	44,12
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,21	0,23	0,25	0,23	0,26	0,28
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,50	0,57	0,60	0,59	0,65	0,66
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,10
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,41	0,36	0,33	0,32	0,26	0,24
Costes de Personal						
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	13,51	25,12	27,43	27,24	29,04	28,27
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	14,11	25,66	28,61	27,59	29,94	28,92
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,11	0,13	0,15	0,14	0,17	0,18

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.31. Indicadores del IPTRID para Piedras-Guadiana

Zona y campaña	Piedras-Guadiana (99 - 00)	Piedras-Guadiana (00 - 01)	Piedras-Guadiana (01 - 02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	17614397	20298136,6	19681726,8
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	18159173	20925214	20290440
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	45092656,4	43804474	38360871,8
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	3066,37	3292,54	3251,78
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	4248,25	4620,67	4490,76
Eficiencia en la distribución	0,97	0,97	0,97
Suministro relativo de agua	1,04	0,94	0,92
Suministro relativo de agua de riego	0,72	0,66	0,66
Capacidad de distribución de agua	1,05	1,16	1,13
Garantía de suministro (%)	100	100	100
Numero de dias con el drenaje inundado	-	-	-
Relación de recuperación de costes	0,98	0,98	0,98
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,03	0,04	0,03
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	645,92	667,76	740,98
Coste por persona empleada (€/persona)	14142,17	18742,74	18731,14
Eficiencia en el cobro	0,98	0,98	0,98
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,004	0,0038	0,0044
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,15	0,15	0,17
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,16	0,15	0,17
Producción agrícola (t)	164348,4	181317,3	178620,65
Valor total de la producción agrícola (€)	55596913,2	59101889,6	59457860
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	9388,12	9299,55	9528,82
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	13006,62	13060,78	13159,46
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	3,16	2,91	3,02
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	3,06	2,82	2,93
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	1,23	1,35	1,55
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	1,29	1,27	1,42

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.32. Ampliación de indicadores financieros para Piedras Guadiana

	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos			
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	292,15	297,17	291,26
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	404,75	417,04	402,23
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,08	0,09	0,10
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,09	0,10	0,10
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	15,56	19,37	13,30
Costes de Confederación Hidrográfica			
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	164,06	171,89	167,51
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	227,30	241,22	231,34
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,05	0,05	0,06
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,05	0,06	0,06
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	8,74	11,20	7,65
Relación de Canon y Costes de Confederación	1,00	1,00	1,00
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,00	0,00	0,00
Gastos Generales			
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	54,43	57,73	65,63
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	75,40	81,02	90,64
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,02	0,02	0,02
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,02	0,02	0,02
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	2,90	3,76	3,00
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,39	0,41	0,35
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,35	0,27	0,33
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,27	0,33	0,31
Costes de Personal			
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	21,06	23,58	23,07
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	29,18	33,09	31,86
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	1,12	1,54	1,05

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.33: Indicadores del IPTRID para El Rumbiar

Zona y campaña	El Rumbiar (98 - 99)	El Rumbiar (99 - 00)	El Rumbiar (00 - 01)	El Rumbiar (01 - 02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	21932276	16270450	17182830	16980600
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	31331823	23243500	24546900	24258000
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	37771997	36313330	51757110	39713440
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	6025,35	4469,90	4720,56	4665
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	6025,35	4469,90	4720,56	4665
Eficiencia en la distribución	0,7	0,7	0,7	0,7
Suministro relativo de agua	0,94	0,87	1,24	0,92
Suministro relativo de agua de riego	1,22	-0,19	1,94	1,04
Capacidad de distribución de agua	0,86	0,87	0,85	0,83
Garantía de suministro (%)	70	70	70	70
Número de días con el drenaje inundado				
Relación de recuperación de costes	1	1	1	1
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,05	0,03	0,04	0,04
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	170,54	238,00	247,04	271,11
Coste por persona empleada (€/persona)	22181,54	21285,13	20797,03	21523,31
Eficiencia en el cobro	1	1	1	1
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,04	0,08	0,07	0,08
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,04	0,08	0,07	0,08
Producción agrícola (t)	38794600	27253800	34565600	38641900
Valor total de la producción agrícola (€)	19185833	14170255	19671600	17867772
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	3689,58	2725,05	3783,00	3436,11
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	3689,58	2725,05	3783,00	3436,11
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,87	0,87	1,14	1,05
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,61	0,61	0,80	0,74
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,51	0,39	0,38	0,45
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,48	0,34	0,47	0,41

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS
COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.34. Ampliación de indicadores financieros para El Rumber

	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos				
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes de Confederación Hidrográfica				
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	109,87	114,12	123,39	135,43
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	109,87	114,12	123,39	135,43
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,02	0,03	0,03	0,03
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,03	0,03	0,04
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,64	0,48	0,50	0,50
Relación de Canon y Costes de Confederación	0,00	0,00	0,00	0,00
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	1,00	1,00	1,00	1,00
Gastos Generales				
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	60,68	123,88	123,65	135,69
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	60,68	123,88	123,65	135,69
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,03	0,03	0,03
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,02	0,04	0,03	0,04
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,36	0,52	0,50	0,50
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,63	0,30	0,29	0,27
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,14	0,06	0,08	0,07
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,23	0,64	0,63	0,65
Costes de Personal				
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	38,39	36,84	35,99	37,25
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	38,39	36,84	35,99	37,25
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,23	0,15	0,15	0,14

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.35: Indicadores del IPTRID para Bembezár MD

Zona y campaña	Bembézár MD (96 - 97)	Bembézár MD (97 - 98)	Bembézár MD (98 - 99)	Bembézár MD (99 - 00)	Bembézár MD (00 - 01)	Bembézár MD (01 - 02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	81815570	91265800	90640800	41191174	83935355	72526466
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	90906189	101406444	100712000	45767971	93261506	80584962
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	172017664	182834825	125809952	93974621	175357011	137582494
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	7753,4	8513,2	8454,9	3842,3	7829,4	6765,2
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	7898,2	8733,4	8698,0	4025,9	7829,4	6765,2
Eficiencia en la distribución	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Suministro relativo de agua	1,98	2,16	1,42	1,22	1,88	1,47
Suministro relativo de agua de riego	7,27	20,53	1,50	1,21	6,93	2,20
Capacidad de distribución de agua	1,15	0,99	1,01	1,09	1,00	0,96
Garantía de suministro (%)	70	70	70	70	70	70
Número de días con el drenaje inundado	-	-	-	-	-	-
Relación de recuperación de costes	1,00	1,01	1,01	1,00	1,00	1,01
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,205	0,206	0,173	0,106	0,247	0,230
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	98,16	102,23	94,06	75,75	95,53	103,63
Coste por persona empleada (€/persona)	18571,25	21686,50	18631,33	16865,83	13685,50	17767,42
Eficiencia en el cobro	1	1	1	1	1	1
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,0010	0,0010
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Producción agrícola (t)	138876,3	149673,69	146043,45	107372,606	189252	200164,43
Valor total de la producción agrícola (€)	39919844	42675687	42540547	36712262	44278745	49460108
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	3404,76	3582,67	3571,32	3082,03	3717,25	4152,23
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	3468,37	3675,33	3674,03	3229,30	3717,25	4152,23
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,49	0,47	0,47	0,89	0,53	0,68
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,44	0,42	0,42	0,80	0,47	0,61
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,23	0,23	0,34	0,39	0,25	0,36
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,46	0,50	0,48	0,48	0,47	0,53

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.36. Ampliación de indicadores financieros para *Bembézar MD*

	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos						
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	2,75	2,00	2,30	2,50	2,84	2,84
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	2,83	2,05	2,36	2,57	2,92	2,86
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Costes de Confederación Hidrográfica						
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	51,07	49,81	50,39	41,02	48,64	53,55
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	52,38	51,09	51,69	42,07	49,88	54,00
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,04	0,03	0,04	0,06	0,04	0,04
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,54	0,50	0,56	0,57	0,51	0,52
Relación de Canon y Costes de Confederación	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Gastos Generales						
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	69,98	71,77	66,60	50,40	75,81	79,23
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	71,77	73,61	68,31	51,69	77,75	79,89
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,04	0,04	0,04	0,07	0,05	0,05
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,74	0,73	0,73	0,70	0,80	0,77
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,69	0,65	0,71	0,77	0,61	0,64
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,28	0,29	0,24	0,15	0,31	0,30
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,03	0,07	0,05	0,07	0,08	0,06
Costes de Personal						
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	48,23	46,35	47,17	39,03	46,15	50,52
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	49,47	47,54	48,38	40,03	47,33	50,94
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,03	0,03	0,06	0,03	0,04
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,51	0,47	0,52	0,54	0,49	0,49

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.37. Indicadores del IPTRID para el Sector B XII

Zona y campaña	Sector B-XII (95-96)	Sector B-XII (96-97)	Sector B-XII (97-98)	Sector B-XII (98-99)	Sector B-XII (99-00)	Sector B-XII (00-01)	Sector B-XII (01-02)
Volumen de agua de riego suministrada a los usuarios (m ³)	47588458,7	51886603	108301050	119784021	74042470	83497301,2	93407418
Volumen de agua de riego que entra al sistema (m ³)	55986422	61043063	127413000	140922377	87108789	98232119	109891080
Volumen total de agua que entra al sistema (m ³)	160698515	182027922	221763706	165430366	148332636	199539715	197318576
Suministro de agua de riego por unidad de área regable	3823,43	4168,75	8701,29	9623,87	5948,83	6708,47	7504,68
Suministro de agua de riego por unidad de área regada	3910,21	4194,82	8861,05	9777,45	6065,65	6843,06	7730,64
Eficiencia en la distribución	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Suministro relativo de agua	1,33	1,73	1,95	1,36	0,94	1,45	1,47
Suministro relativo de agua de riego	1,17	1,61	3,28	1,42	0,77	1,59	1,83
Capacidad de distribución de agua	1,90	1,59	1,75	1,68	1,31	1,53	1,65
Garantía de suministro (%)	100	100	100	100	100	100	100
Número de días con el drenaje inundado	0	0	0	0	0	0	0
Relación de recuperación de costes	1	1	1	1	1	1	1
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,0828	0,1031	0,1132	0,0817	0,088	0,1018	0,0843
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	187,85	238,33	236,13	278,55	274,04	281,99	293,82
Coste por persona empleada (€/persona)	8950,03	10978,58	11578,52	12356,56	12750,81	13486,39	14399,77
Eficiencia en el cobro	1	1	1	1	1	1	1
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Retornos medios por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,0565	0,0668	0,0314	0,0335	0,0532	0,0485	0,0447
Costes de manejo por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,0565	0,0668	0,0314	0,0335	0,0532	0,0485	0,0447
Producción agrícola (t)	287087,5	273488,2	484518	493564	565728	20676833	487932
Valor total de la producción agrícola (€)	36113479,8	38702506,9	48113602,4	46355752,6	57596120,8	49915420,7	47479920,2
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	2466,26	2643,07	3285,77	3165,73	3933,36	3408,82	3242,50
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	2522,24	2659,60	3346,10	3216,25	4010,59	3477,22	3340,13
Productividad por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,76	0,75	0,44	0,39	0,78	0,60	0,51
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,65	0,63	0,38	0,33	0,66	0,51	0,43
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,22	0,21	0,22	0,28	0,39	0,25	0,24
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,30	0,37	0,42	0,38	0,36	0,36	0,35

4. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES DE GESTIÓN A LAS COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA

Tabla 4.38. Ampliación de indicadores financieros para el Sector B XII

	1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
Costes Energéticos							
Costes Energéticos por unidad de área regable (€/ha)	81,09	94,99	97,99	140,06	127,91	99,19	118,64
Costes Energéticos por unidad de área regada (€/ha)	82,94	95,59	99,79	142,29	130,42	101,18	122,21
Costes Energéticos por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
Costes Energéticos por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
Relación de Costes Energéticos y de Manejo del Sistema	0,44	0,40	0,42	0,51	0,49	0,36	0,42
Costes de Confederación Hidrográfica							
Costes de Confederación por unidad de área regable (€/ha)	54,04	83,43	79,04	87,50	82,09	86,83	97,18
Costes de Confederación por unidad de área regada (€/ha)	55,26	85,32	79,53	89,11	83,40	88,54	99,13
Costes de Confederación por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Costes de Confederación por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Relación de Costes de Confederación y de Manejo del Sistema	0,29	0,35	0,34	0,32	0,31	0,31	0,34
Relación de Canon y Costes de Confederación	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Relación de Tarifa y Costes de Confederación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gastos Generales							
Gastos Generales por unidad de área regable (€/ha)	48,55	62,74	66,06	64,12	70,88	72,65	70,78
Gastos Generales por unidad de área regada (€/ha)	49,65	64,17	66,47	65,29	72,01	74,07	72,20
Gastos Generales por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Gastos Generales por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Relación de Gastos Generales y de Manejo del Sistema	0,26	0,26	0,28	0,23	0,27	0,26	0,25
Relación de Costes de Personal y Gastos Generales	0,45	0,43	0,43	0,47	0,44	0,46	0,50
Relación de Costes de Mantenimiento y Gastos Generales	0,31	0,39	0,40	0,35	0,40	0,39	0,34
Relación de Costes de Gestión de la Comunidad y Gastos Generales	0,23	0,18	0,17	0,18	0,16	0,16	0,16
Costes de Personal							
Costes de Personal por unidad de área regable (€/ha)	22,00	26,99	28,47	30,38	31,35	33,16	35,40
Costes de Personal por unidad de área regada (€/ha)	22,50	27,60	28,64	30,94	31,85	33,81	36,11
Costes de Personal por unidad de agua de riego que entra al sistema (€/m ³)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
Costes de Personal por unidad de agua de riego suministrada (€/m ³)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
Relación de Costes de Personal y de Manejo del Sistema	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12



Capítulo 5

Análisis y clasificación de las Comunidades de Regantes mediante los indicadores de gestión

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

En el capítulo anterior, se desarrolló una metodología para la adquisición de datos en las Comunidades de Regantes, se caracterizaron una serie de ellas y, posteriormente, se realizó una comparación y discusión de los resultados obtenidos.

Esa metodología, con algunas variantes, es la que se ha seguido hasta ahora en los estudios de benchmarking, limitándose dichos estudios a presentar los resultados en forma de tablas y de gráficos de columnas para facilitar las comparaciones (Hydro Environmental, 1999, 2000, 2001 y 2002) o, en el mejor de los casos, a realizar un análisis mediante gráficos de dispersión entre las variables linealmente desarrolladas (Burt y Styles, 2000).

En este último capítulo se pretende dar un paso más en el análisis y comparación de las zonas regables mediante indicadores de gestión, seleccionando cuáles son los indicadores que más van a influir en la caracterización de una zona regable, usando técnicas de análisis de componentes principales, y clasificando Comunidades de Regantes, ya caracterizadas, en grupos estadísticamente homogéneos según sus principales características, mediante el uso de técnicas de análisis de cluster, estableciendo la Comunidad “tipo” de cada uno de los grupos homogéneos.

Estos análisis permitirán el desarrollo de un sistema capaz de indicar a cada Comunidad de Regantes, cuál debería ser su situación objetivo, basándose en sus indicadores de gestión y su comparación con las Comunidades de su entorno y

ofreciendo algunas líneas de mejora en la gestión de la misma. Un esquema de la metodología propuesta se muestra en la Figura 5.1.

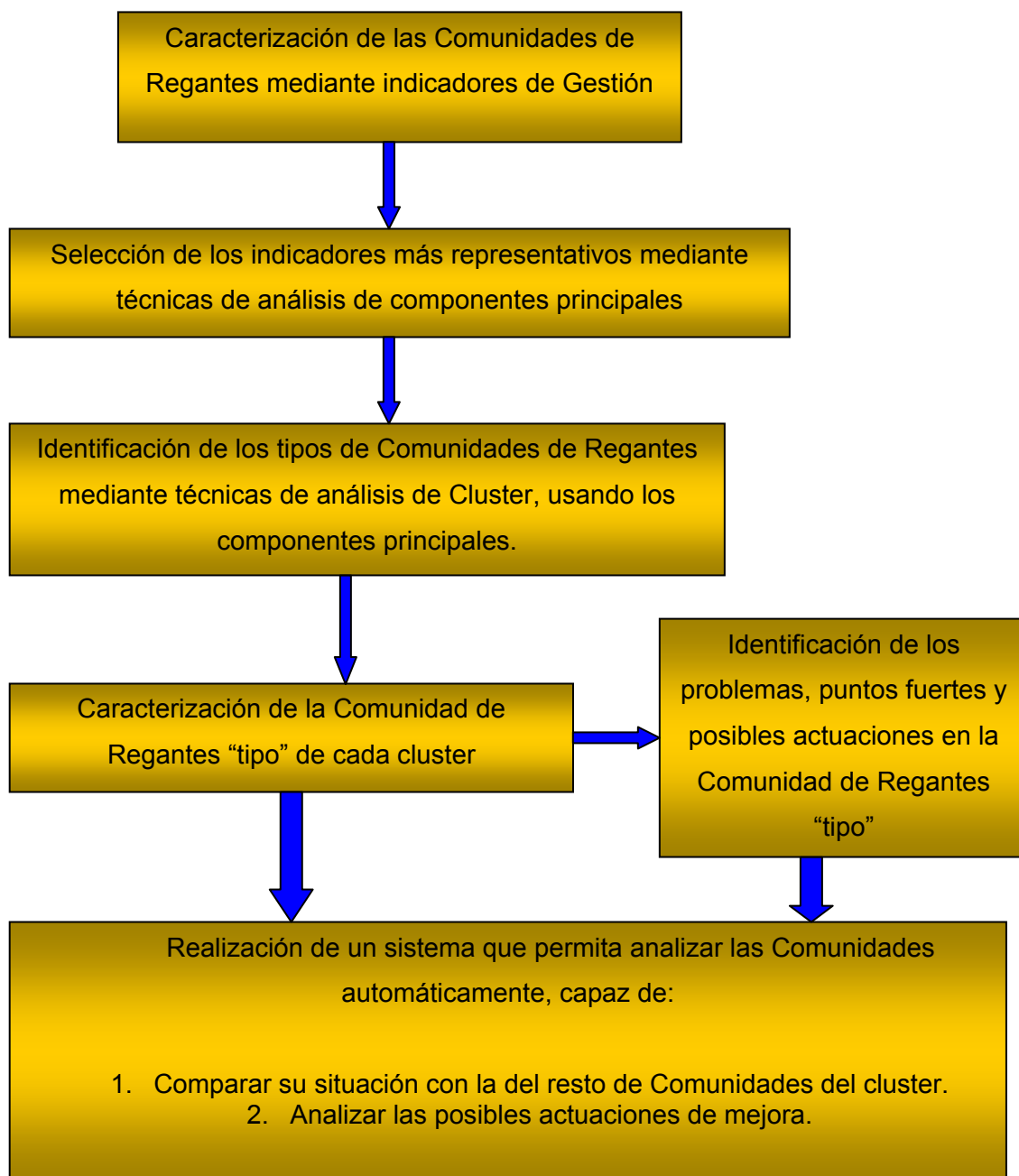


Figura 5.1. Metodología para la clasificación y estudio de Comunidades de Regantes

5.2. SELECCIÓN DE LOS INDICADORES MÁS REPRESENTATIVOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Tras haber desarrollado y empleado una serie de indicadores de gestión (indicadores del IPTRID y ampliación de indicadores financieros), surge la duda de saber cuáles de ellos serían los más representativos para clasificar una Comunidad de Regantes y para diferenciarla del resto, mostrando los aspectos más peculiares de su gestión.

Buscando ese objetivo, se usan las técnicas de análisis de componentes principales, las cuales permiten, mediante un cambio en el sistema de coordenadas empleado, conocer cuáles son los factores que más contribuyen a la varianza existente en la muestra, y, consecuentemente, qué indicadores son los que mejor explican las diferencias existentes entre unas zonas y otras.

5.2.1. Técnicas de análisis de componentes principales

Las técnicas de análisis de componentes principales representan una metodología de análisis multivariante, basada en la extracción de los valores y vectores principales de una serie de datos (Hair *et al.*, 2001).

La principal utilidad del análisis de componentes principales reside en que permite estudiar un fenómeno multidimensional, cuando alguna o muchas de las variables comprendidas en el estudio están correlacionadas. Básicamente, el objetivo del análisis de componentes principales es el de lograr combinaciones lineales de variables representativas de cierto fenómeno multidimensional, con la propiedad de que exhiban la varianza máxima y que a la vez estén incorrelacionadas entre si.

Del análisis se obtienen una serie de factores (vectores principales), la varianza de cada uno de los factores podría considerarse como una expresión de la cantidad de

información que lleva incorporado, esto significa que cuanto mayor sea la varianza, mayor será la información que el componente principal lleva asociada. Por esta razón, los componentes se ordenan de forma descendente de acuerdo a la proporción de la varianza total presente en el problema que cada una de ellas explica. De esta forma, el primer factor es una expresión de la máxima varianza, el segundo es una nueva combinación de las variables originales que obedece a la restricción de ser ortogonal a la primera y de máxima varianza y así sucesivamente.

Es posible que sólo unos pocos de los factores expliquen una alta proporción de la varianza. Esto es así cuando las variables originales están altamente correlacionadas entre sí, en este caso, se puede aplicar una gran reducción en el número de variables, resumiendo en un pequeño número de factores principales la mayor parte de la varianza.

5.2.2. Aplicación de las técnicas de análisis de componentes principales a las zonas regables

5.2.2.1. Indicadores de gestión seleccionados

Para el estudio de las Comunidades de Regantes mediante técnicas de análisis de componentes principales se toman los indicadores desarrollados por el IPTRID, debido a que representan un conjunto compensado de indicadores, los cuales tratan los principales aspectos de la gestión de una zona regable. El hecho de que sean indicadores de uso universal, permitirá también la posibilidad de extrapolar la metodología desarrollada para el análisis de otras zonas en otras partes del mundo.

Este análisis permitirá determinar qué indicadores son los que mejor explican la variabilidad entre unas zonas y otras y, consecuentemente, sobre los que habría que actuar en la búsqueda de una mejora en el rendimiento global de cada Comunidad.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Del conjunto de indicadores del IPTRID, no se han considerado los que representan valores totalizados, como son los volúmenes totales de agua aplicados y el valor total de la producción agrícola, debido a que el efecto de escala podría distorsionar los resultados al no representar valores relativos.

Para el análisis se introducen todas las zonas regables consideradas, considerando cada una de las campañas independientemente, con la finalidad de ampliar la muestra. Los valores de los indicadores han de ser previamente normalizados, con el objetivo de poder comparar datos con distintas unidades (Davis, 1973).

5.2.2.2. *Valores principales*

La Tabla 5.1 muestra los valores principales asociados a cada factor principal calculados al aplicar las técnicas de análisis de componentes principales a las Comunidades de Regantes estudiadas, para cada una de las campañas.

Cada factor principal explica un porcentaje de la varianza existente en la muestra, directamente relacionado con la magnitud de su valor principal. Considerando un número determinado de factores mediante el estudio de la varianza que cada uno de ellos explica, es posible disminuir el número de variables consideradas, de forma que no se pierda una gran cantidad de la varianza de la muestra.

Por tanto, mediante un simple cambio de coordenadas y tomando, por ejemplo, los 6 primeros factores, se explica más del 85 % de la varianza. De forma que el primer componente explicaría el 42,21 % de la varianza, el factor 2 el 17,52 % y así sucesivamente. De esta forma, ha sido posible disminuir los 21 indicadores iniciales (de los indicadores del IPTRID se han eliminado los que representan valores totalizados), prácticamente sin perder varianza en la muestra de datos. El que sea posible aplicar una reducción tan grande en el número de indicadores se debe a que la muestra inicial estaba altamente correlacionada.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 5.1. Valores principales

Factor	Valor principal	% Varianza Total	Valores acumulados	Varianza acumulada
1	8,8659	42,2186	8,866	42,219
2	3,6802	17,5247	12,546	59,743
3	1,7725	8,4403	14,319	68,184
4	1,5355	7,3121	15,854	75,496
5	1,1719	5,5804	17,026	81,076
6	1,0700	5,0952	18,096	86,171
7	0,9653	4,5965	19,061	90,768
8	0,7933	3,7777	19,855	94,546
9	0,4185	1,9927	20,273	96,538
10	0,2869	1,3660	20,560	97,904
11	0,2022	0,9629	20,762	98,867
12	0,1156	0,5507	20,878	99,418
13	0,0549	0,2615	20,933	99,679
14	0,0261	0,1243	20,959	99,804
15	0,0153	0,0729	20,974	99,877
16	0,0136	0,0650	20,988	99,942
17	0,0064	0,0306	20,994	99,972
18	0,0037	0,0175	20,998	99,990
19	0,0013	0,0060	20,999	99,996
20	0,0007	0,0032	21,000	99,999
21	0,0003	0,0013	21,000	100,000

5.2.2.3. Factores principales

El análisis de componentes principales consiste simplemente en un cambio de coordenadas, de manera que sea posible disminuir el número de variables consideradas, sin sufrir una gran pérdida de la varianza de la muestra.

De esta forma, cada una de las variables iniciales poseerá unas coordenadas nuevas, basado en el nuevo sistema de los factores principales. En la Tabla 5.2 se muestran las coordenadas de las 21 variables del IPTRID, para los 6 primeros factores principales, los cuales explican aproximadamente el 85 % de la varianza. En caso de

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

asumir este nuevo sistema de únicamente 6 factores, simplificaríamos el análisis de 21 a 6 variables, con una pérdida de varianza de únicamente el 15 %.

Tabla 5.2. Coordenadas de las variables iniciales

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m ³ /ha)	0,573	-0,723	0,052	0,173	-0,002	0,015
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	0,506	-0,771	0,153	0,232	0,076	0,006
Eficiencia en la distribución	-0,514	0,176	0,033	-0,482	0,117	0,356
Suministro relativo de agua	0,491	-0,290	0,558	0,148	0,370	0,239
Suministro relativo de agua de riego	0,092	0,125	-0,359	-0,091	0,505	0,515
Capacidad de distribución de agua	0,023	0,360	-0,119	-0,129	0,749	-0,250
Garantía de suministro (%)	-0,371	-0,691	0,023	-0,452	0,063	-0,226
Relación de recuperación de costes	0,137	-0,128	-0,509	-0,031	0,083	-0,422
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,390	-0,513	-0,286	-0,080	-0,234	0,487
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	-0,892	-0,024	0,276	-0,134	-0,120	0,063
Coste por persona empleada (€/persona)	0,126	0,626	-0,033	0,707	-0,007	0,002
Eficiencia en el cobro	0,347	-0,115	-0,626	-0,334	-0,132	-0,023
Empleados por unidad de área (personas/ha)	-0,625	-0,426	0,491	-0,215	0,142	-0,220
Retornos medios por m ³ del agua de riego suministrada (€/m ³)	-0,848	0,403	0,104	-0,116	-0,134	0,031
Costes de manejo por unidad de agua suministrada (€/m ³)	-0,828	0,410	0,204	-0,112	-0,159	0,128
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	-0,817	-0,475	-0,224	0,200	0,002	0,057
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	-0,850	-0,448	-0,129	0,222	0,055	0,041
Productividad por unidad de agua suministrada (€/m ³)	-0,938	-0,016	-0,205	0,199	0,067	-0,015
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	-0,961	-0,023	-0,167	0,133	0,096	0,043
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	-0,911	-0,222	-0,214	0,199	0,015	-0,060
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	-0,842	-0,387	-0,062	0,272	0,145	0,107

La Tabla 5.3 muestra la contribución de cada variable a la creación de los 6 primeros factores principales. Esta contribución equivale a elevar al cuadrado las coordenadas de cada una de las variables en el nuevo sistema. Del análisis de esta tabla se puede conocer qué indicadores han sido los de mayor influencia en la formación de cada uno de los factores.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 5.3. Contribución de las variables iniciales

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m ³ /ha)	0,0371	0,1422	0,0015	0,0194	0,0000	0,0002
Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	0,0289	0,1616	0,0132	0,0351	0,0050	0,0000
Eficiencia en la distribución	0,0298	0,0084	0,0006	0,1511	0,0116	0,1185
Suministro relativo de agua	0,0272	0,0229	0,1757	0,0143	0,1167	0,0536
Suministro relativo de agua de riego	0,0010	0,0043	0,0728	0,0054	0,2181	0,2478
Capacidad de distribución de agua	0,0001	0,0353	0,0080	0,0108	0,4790	0,0583
Garantía de suministro (%)	0,0155	0,1296	0,0003	0,1328	0,0034	0,0476
Relación de recuperación de costes	0,0021	0,0045	0,1464	0,0006	0,0059	0,1664
Relación de costes de mantenimiento y retornos	0,0172	0,0714	0,0461	0,0041	0,0468	0,2214
Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	0,0898	0,0002	0,0430	0,0117	0,0123	0,0038
Coste por persona empleada (€/persona)	0,0018	0,1066	0,0006	0,3255	0,0001	0,0000
Eficiencia en el cobro	0,0136	0,0036	0,2209	0,0726	0,0149	0,0005
Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0440	0,0494	0,1359	0,0301	0,0171	0,0451
Retornos medios por m ³ del agua de riego suministrada (€/m ³)	0,0811	0,0442	0,0061	0,0088	0,0154	0,0009
Costes de manejo por unidad de agua suministrada (€/m ³)	0,0773	0,0457	0,0236	0,0082	0,0217	0,0154
Productividad por unidad de área regable (€/ha)	0,0752	0,0614	0,0283	0,0259	0,0000	0,0030
Productividad por unidad de área regada (€/ha)	0,0816	0,0545	0,0094	0,0322	0,0026	0,0016
Productividad por unidad de agua suministrada (€/m ³)	0,0993	0,0001	0,0238	0,0258	0,0038	0,0002
Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,1043	0,0002	0,0157	0,0115	0,0079	0,0017
Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,0936	0,0134	0,0259	0,0257	0,0002	0,0034
Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,0799	0,0408	0,0022	0,0482	0,0178	0,0107

Por ejemplo, para el factor 1, el que mayor varianza explica, los indicadores más importantes han sido todos los de productividad, los costes de manejo por unidad de área y los retornos por metro cúbico de agua suministrada. Al ser el factor que mayor porcentaje de varianza explica, los indicadores que más han influido en su formación son, por tanto, los que más explican la variabilidad entre unas Comunidades de Regantes y otras.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Los suministros de agua de riego por unidad de área regada y regable son los que poseen un mayor peso en la creación del factor 2, el cual explica el 17,5 % de la varianza.

5.2.2.4. Coordinadas de las zonas regables

Las coordenadas de cada una de las zonas para cada una de las campañas estudiadas en el sistema formado por los componentes principales se muestran en la Tabla 5.4 para los seis primeros factores principales.

Tabla 5.4. Coordinadas de las Comunidades de Regantes

Zona regable y campaña	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
Bembézar MD (00 - 01)	2,443	-2,475	-1,167	-0,405	-0,460	2,121
Bembézar MD (01 - 02)	1,602	-1,932	-1,600	-0,021	-0,869	1,593
Bembézar MD (96 - 97)	2,563	-1,949	-0,886	-0,033	-0,150	1,787
Bembézar MD (97 - 98)	2,719	-2,170	-1,091	0,372	0,492	2,502
Bembézar MD (98 - 99)	2,272	-2,076	-1,143	0,153	-0,674	0,983
Bembézar MD (99 - 00)	0,863	-0,051	-1,392	-0,545	-0,584	0,290
Bembézar MI (00 - 01)	3,094	-0,614	-0,372	2,151	0,154	-0,216
Bembézar MI (01 - 02)	2,535	-1,078	-0,974	2,283	-0,614	-0,190
Bembézar MI (96 - 97)	3,061	-1,100	-0,267	1,777	-0,032	-0,190
Bembézar MI (97 - 98)	3,068	-0,982	-0,419	2,114	0,309	-0,060
Bembézar MI (98 - 99)	3,140	-0,698	-0,657	1,711	-0,785	-0,724
Bembézar MI (99 - 00)	1,758	0,824	-1,302	1,247	-0,979	-0,743
El Rumblar (00 - 01)	-0,305	0,192	-0,505	0,366	-0,952	-0,627
El Rumblar (01 - 02)	-0,399	0,535	-0,601	0,193	-1,331	-0,860
El Rumblar (98 - 99)	0,550	-0,501	-0,930	0,746	-0,953	-0,884
El Rumblar (99 - 00)	0,211	0,832	-0,467	-0,100	-1,403	-1,088
El Villar (00 - 01)	-2,095	1,776	3,506	-0,633	-1,105	2,568
El Villar (01 - 02)	-0,785	1,328	-0,566	-0,987	-0,721	-0,923
El Villar (96 - 97)	-0,254	1,421	0,463	-1,943	-0,579	0,441
El Villar (97 - 98)	-0,464	1,668	0,369	-1,853	-0,240	1,666
El Villar (98 - 99)	-0,767	0,467	1,083	-0,741	-1,005	0,382
El Villar (99 - 00)	-0,412	1,269	-0,779	-1,356	-0,575	-1,217
Fuente Palmera (00 - 01)	-0,923	2,067	-0,363	1,058	-0,784	0,303
Fuente Palmera (01 - 02)	-1,880	2,742	-0,138	1,010	-1,172	0,369
Fuente Palmera (96 - 97)	-0,737	3,122	2,049	0,352	-0,227	0,751
Fuente Palmera (97 - 98)	-1,232	3,631	2,246	0,380	-1,451	0,647
Fuente Palmera (98 - 99)	0,051	2,099	0,403	0,644	-0,936	0,310

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Fuente Palmera (99 - 00)	-0,994	2,340	-0,079	0,514	-0,949	0,326
Genil-Cabra (00 - 01)	-0,647	2,248	-1,443	-0,153	0,715	-0,625
Genil-Cabra (01 - 02)	-0,680	2,139	-1,267	0,194	0,887	-0,878
Genil-Cabra (96 - 97)	-0,539	2,584	-1,052	-0,179	1,810	-1,355
Genil-Cabra (97 - 98)	-0,585	3,014	-2,530	-0,812	4,175	2,667
Genil-Cabra (98 - 99)	0,258	1,963	-1,349	-0,408	1,880	-1,209
Genil-Cabra (99 - 00)	-0,596	2,542	-1,310	-0,096	1,087	-0,710
Guadalmellato (00 - 01)	1,909	-0,293	2,140	0,589	1,122	-0,079
Guadalmellato (01 - 02)	1,882	-0,017	2,167	0,544	1,165	-0,162
Guadalmellato (95 - 96)	1,947	-0,577	2,985	0,287	1,898	-0,751
Guadalmellato (97 - 98)	2,192	-1,318	2,890	1,181	1,771	-0,496
Guadalmellato (98 - 99)	1,975	-1,597	2,146	1,134	1,017	-0,597
Guadalmellato (99 - 00)	0,418	0,520	1,138	0,279	0,238	-0,711
Piedras-Guadiana (00 - 01)	-9,770	-2,710	-0,289	1,152	0,362	0,058
Piedras-Guadiana (01 - 02)	-10,940	-2,865	-0,044	1,224	0,390	-0,016
Piedras-Guadiana (99 - 00)	-10,089	-2,802	-0,134	0,767	0,436	0,080
Sector BXII (00 - 01)	0,576	-1,995	0,203	-1,881	-0,184	-0,534
Sector BXII (01 - 02)	0,859	-2,122	0,389	-1,742	0,005	-0,701
Sector BXII (95 - 96)	0,308	-0,657	-0,017	-2,856	-0,037	-0,957
Sector BXII (96 - 97)	0,206	-0,931	0,350	-2,544	-0,110	-0,416
Sector BXII (97 - 98)	1,526	-3,076	0,573	-1,634	0,520	-0,235
Sector BXII (98 - 99)	1,375	-2,995	0,414	-1,605	0,070	-0,835
Sector BXII (99 - 00)	-0,268	-1,747	-0,383	-1,897	-0,640	-0,853

Tomar el sistema de coordenadas que forman los factores principales arriba enumerados permite, además de conocer los indicadores iniciales que más influyen en la creación de los factores con más peso en la explicación de la varianza, simplificar todos los análisis posteriores.

Si se consideran los dos primeros factores se consigue explicar el 57,5 % de la varianza. En la Figura 5.2 se muestran gráficamente la situación de cada zona y cada campaña considerando sus coordenadas en el factor 1 y en el factor 2. En dicha figura se observa la agrupación que sufren las zonas regables según sus principales características. De esta forma, las zonas de interior con red a presión presentan valores negativos en el factor 1 y positivos en el factor 2, las de interior tradicionales valores positivos del factor 1 y negativos del factor 2 y la Comunidad de Piedras-Guadiana negativos en el factor 1 y en el factor 2.

Considerar únicamente estos 2 factores permite realizar una primera clasificación de las zonas regables según sus principales características.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

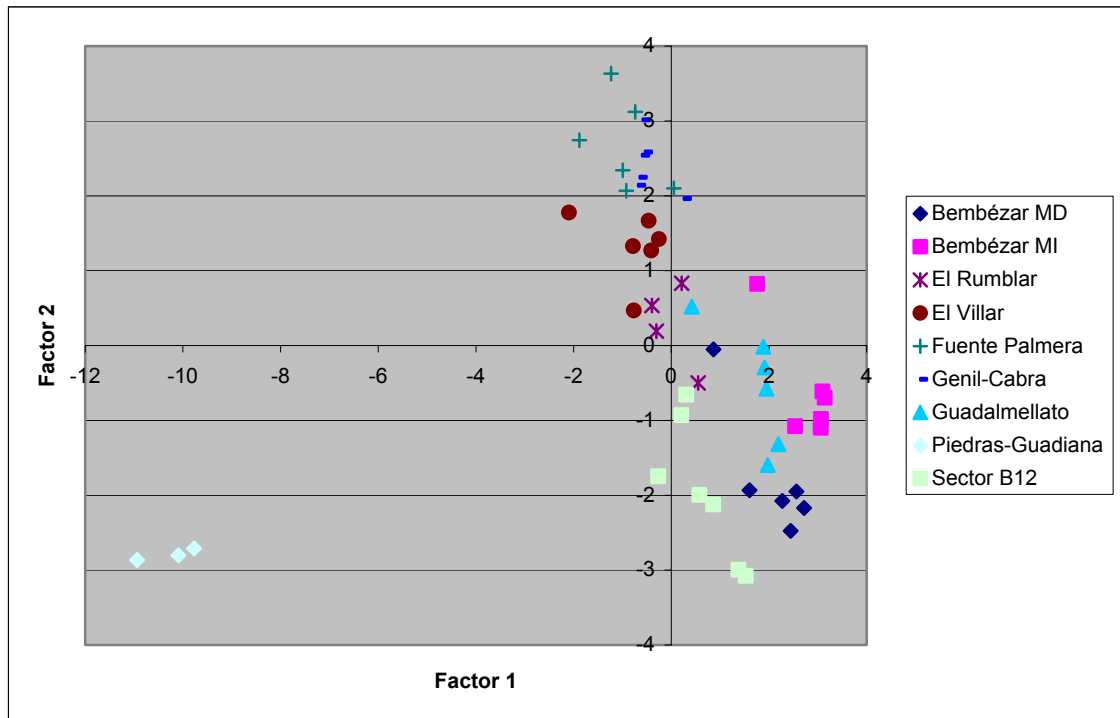


Figura 5.2. Zonas regables según los dos primeros factores

En el próximo apartado se tratará de justificar matemáticamente la clasificación que se puede observar en la Figura 5.2, mediante la agrupación de las zonas regables usando técnicas de análisis de cluster. Esto permitirá establecer las bases para la creación de un sistema que permita clasificar automáticamente las Comunidades de Regantes según sus principales características.

5.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES MEDIANTE TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE CLUSTER

5.3.1. Objetivo del análisis

Una vez conocidos los indicadores que más van a influir en la clasificación de una zona regable, ayudados por las técnicas de análisis de componentes principales, el siguiente paso consiste en desarrollar una metodología que permita clasificar las Comunidades de Regantes según sus principales características.

El principal problema reside en que se intenta caracterizar una muestra, de la que se conocen una considerable serie de datos, pero de la que se desconoce la clasificación o la correcta agrupación de la misma. Con el objetivo de realizar una clasificación estadísticamente correcta de las Comunidades de Regantes estudiadas, se recurre a las técnicas de análisis de cluster.

El análisis de cluster es 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.

5.3.2. Las técnicas de análisis de cluster

En este apartado se describen los distintos tipos de clasificación mediante cluster existentes y cuales han sido los empleados en este trabajo, así como cuales han sido las razones para su elección.

Pese a que existe una gran variedad de técnicas de análisis de cluster, algunas de ellas bastante complejas, la mayoría de los estudios basados en análisis de cluster se

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

basan en dos técnicas básicas de agrupamiento (Cuesta, 2001). Dichas técnicas son las siguientes:

- Agrupamiento particional. Mediante esta técnica se forman grupos de datos homogéneos, sin existir ninguna estructura vertical o de dependencia entre los grupos homogéneos. Los algoritmos basados en este tipo de agrupamiento tienen como objetivo el minimizar la varianza intracluster y maximizar la varianza intercluster (Jain, 2000). El principal inconveniente que presentan es que el investigador debe fijar *a priori* el número de cluster en que quiere agrupar sus datos, por lo que en ocasiones es necesario repetir la prueba considerando un número diferente número de cluster, eligiendo la solución que mejor se adapte al objetivo final del problema. Este tipo de clasificación está especialmente indicada para trabajar con grandes series de datos.
- Agrupamiento jerárquico. Este tipo de análisis proporciona como resultado una secuencia anidada de grupos, la cual se representa en forma de dendograma o árbol. El análisis jerárquico se puede llevar a cabo según dos metodologías distintas: uniendo pequeños cluster para formar otros mayores (análisis aglomerativo) o dividiendo grandes cluster en otros menores (análisis divisivo).

Los cluster jerarquizados no resultan prácticos para el análisis de grandes series de datos, al resultar el dendograma en estos casos de difícil interpretación. En ocasiones, es recomendable aplicar un método particional y, posteriormente, aplicar el método jerárquico a los cluster que han resultado del análisis. Esto permitiría simplificar los resultados y facilitar la interpretación de los mismos.

Para realizar una correcta clasificación, es de suma importancia la elección del algoritmo que nos va a proporcionar la distancia entre los individuos que forman la muestra a clasificar. Esta distancia será la base sobre la que se realizará la clasificación, de ahí la importancia en su elección.

Aunque existen diversos algoritmos para la determinación de la distancia entre los elementos a clasificar, como pueden ser la distancia de Manhattan o la distancia de Mahalanobis (Statsoft, 2003), el tipo de distancia más sencilla y utilizada es la distancia euclídea, la cual representa la distancia geométrica entre dos puntos y ha sido la elegida para este trabajo. La fórmula de la distancia euclídea es la siguiente:

$$d(i, j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{in} - x_{jn})^2} \quad (5.1)$$

Siendo i y j los individuos entre los que se pretende medir la distancia y x_i y x_j sus vectores de características.

5.3.3. Algoritmos particionales

Como ya se ha citado, el principal objetivo de este tipo de algoritmos es el de minimizar la dispersión dentro de cada cluster. Debido a esto, en este tipo de algoritmos siempre se siguen una serie de pasos hasta conseguir que la suma de las varianzas dentro de cada grupo sea mínima.

Dentro de este tipo de algoritmos, se ha seleccionado el algoritmo K-medias, al ser el más sencillo, el más usado y el tradicional en la literatura especializada (González y Tou, 1974). Este algoritmo está basado en la minimización de un índice de prestaciones, el cual se define como la suma de las distancias al cuadrado de todos los objetos incluidos en un cluster al centroide de dicho cluster.

El algoritmo K-medias parte de que existen K cluster, por lo que dicho número debe ser conocido *a priori* y, en caso de desconocerse, se deben hacer varios ensayos hasta determinar el valor que se adapta a los objetivos perseguidos.

Partiendo de un conjunto de objetos a clasificar X_1, X_2, \dots, X_p el algoritmo K-medias realiza las siguientes operaciones (Maravall, 1993):

Paso 1

Se eligen al azar K elementos, los cuales van a constituir los primeros centroides. Es decir:

$$\alpha_1 : Z_1(1); \alpha_2 : Z_2(2) ; \dots ; \alpha_k : Z_k(k) \quad (5.2)$$

Siendo α_i el centroide i , Z_i el vector de propiedades que representa al centroide i y situándose entre paréntesis el índice iterativo de este algoritmo.

Paso 2

Tras establecer los primeros centroides, el segundo paso consiste en distribuir los objetos a clasificar entre los K cluster, de acuerdo a la siguiente regla:

$$X \in \alpha_i(n) \quad \text{Si} \quad \text{dist}(X - Z_j(n)) < \text{dist}(X - Z_i(n)) \quad (5.3)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, K / i \neq j$$

Básicamente, esta regla asigna cada elemento al cluster más próximo (según el criterio de distancia mínima).

Paso 3

Una vez distribuidos los elementos a clasificar, el siguiente paso consiste en actualizar los centroides de los cluster. El objetivo en el cálculo de los nuevos centroides es minimizar el índice de rendimiento siguiente:

$$J_i = \sum_{X \in \alpha_i(n)} (\text{dist}(X - Z_i(n)))^2 ; i = 1, 2, \dots, K \quad (5.4)$$

Para minimizar el índice es necesario recalcular los centroides, esto se realiza generando un nuevo valor del centroide que sea igual a la media aritmética de los elementos que forman actualmente el cluster:

$$Z_i(n+1) = \frac{1}{N_i(n)} \sum_{X \in \alpha_i(n)} X ; i = 1, 2, \dots, K \quad (5.5)$$

Siendo $N_i(n)$ el número de elementos de la clase α_i en la iteración n .

Paso 4

Se comprueba si el algoritmo ha alcanzado una posición estable. Esto es así en el momento en que se cumpla que:

$$Z_i(n+1) = Z_i(n) \quad \forall i = 1, 2, \dots, K / i \neq j \quad (5.6)$$

Si se cumple, se da por finalizado el algoritmo, en caso contrario, se vuelve al paso 2, se reasignarían los elementos a los cluster y se recalcularían los centroides hasta encontrar la estabilidad.

5.3.4. Selección de los indicadores empleados para la agrupación

La existencia de un elevado número de indicadores de gestión para cada Comunidad de Regantes y el hecho de que muchos de ellos estén altamente correlacionados, hacen que sea aconsejable reducir el número de variables mediante un estudio de componentes principales.

Los componentes principales representan un número más reducido de variables nuevas e incorrelacionadas. Para el análisis de cluster se toman los seis primeros

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

factores principales, previamente descritos en la sección 5.2.1, los cuales representan más del 86 % de la varianza.

Aunque ya se ha citado anteriormente, de cara a la futura interpretación de los cluster es conveniente recordar qué indicadores son los que presentan una mayor contribución a la creación de cada uno de los factores principales y, por tanto, qué efectos son los que explican cada uno de los factores. Dicha información se incluye en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5. Factores empleados en el análisis de cluster

Factor	Efectos que explican	% de Varianza explicada
Factor 1	Productividad por unidad de agua de riego y costes de manejo por unidad de área	42,21
Factor 2	Suministro de agua de riego por unidad de área	17,52
Factor 3	Suministro relativo de agua y empleados por unidad de área	8,44
Factor 4	Eficiencia en la distribución, capacidad de distribución de agua y relación de costes de mantenimiento y retornos	7,31
Factor 5	Capacidad de distribución de agua y coste por persona empleada	5,58
Factor 6	Suministro relativo de agua de riego y relación de recuperación de costes.	5,09

5.3.5. Resultado de la aplicación del algoritmo K-medias

5.3.5.1. Análisis de los cluster resultantes

En el algoritmo de clasificación K-medias es necesario preestablecer el número de cluster en los que se desea clasificar la muestra. Tras repetir el análisis con varios números, se llega a la conclusión de que el que mejor se adapta a los resultados perseguidos y que ofrece una caracterización más adecuada es el de 4 cluster.

En la Figura 5.3 se muestran las coordenadas (en el sistema definido por los 6 primeros factores principales) de cada uno de los cluster formados tras la aplicación del algoritmo.

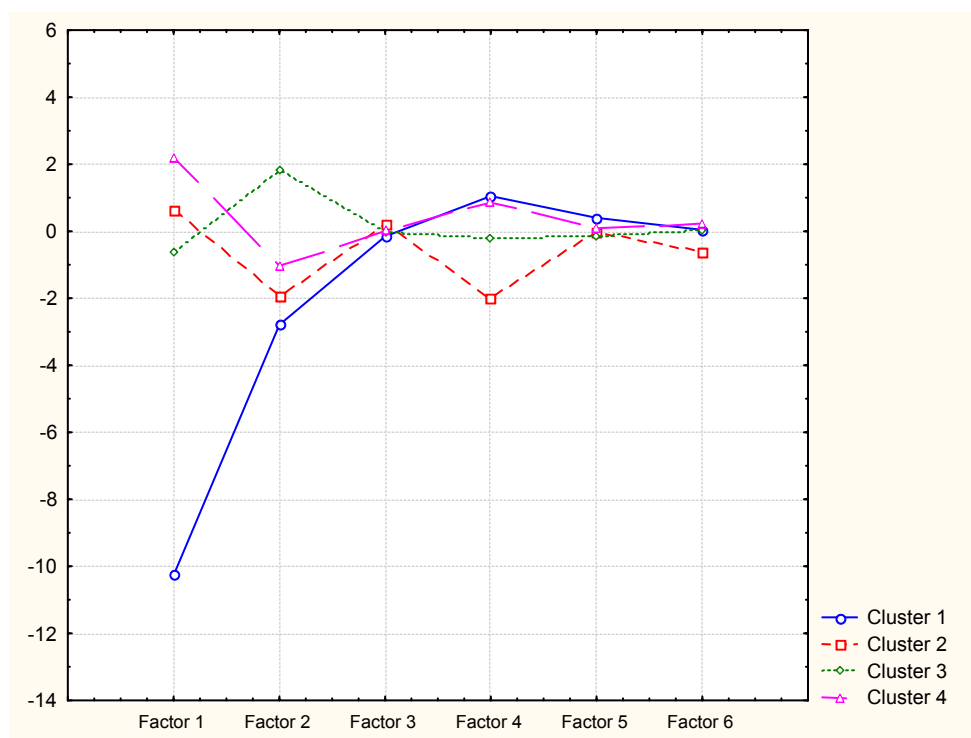


Figura 5.3. Coordenadas de cada uno de los cluster

En las tablas comprendidas entre la Tabla 5.6 y la Tabla 5.9 se muestra la estadística descriptiva de cada uno de los cluster para cada uno de los 6 primeros factores principales.

Tabla 5.6. Estadística descriptiva del cluster 1

	Media	Desviación típica	Varianza
Factor 1	-10,27	0,605	0,365
Factor 2	-2,79	0,078	0,006
Factor 3	-0,16	0,124	0,015
Factor 4	1,05	0,245	0,060
Factor 5	0,40	0,038	0,001
Factor 6	0,04	0,050	0,003

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Tabla 5.7. Estadística descriptiva del cluster 2

	Media	Desviación típica	Varianza
Factor 1	0,65	0,645	0,416
Factor 2	-1,93	0,926	0,857
Factor 3	0,22	0,324	0,105
Factor 4	-2,02	0,484	0,234
Factor 5	-0,05	0,344	0,119
Factor 6	-0,65	0,262	0,069

Tabla 5.8. Estadística descriptiva del cluster 3

	Media	Desviación típica	Varianza
Factor 1	-0,61	0,609	0,371
Factor 2	1,84	0,941	0,885
Factor 3	-0,05	1,399	1,957
Factor 4	-0,19	0,829	0,686
Factor 5	-0,12	1,389	1,929
Factor 6	0,01	1,162	1,350

Tabla 5.9. Estadística descriptiva del cluster 4

	Media	Desviación típica	Varianza
Factor 1	2,20	0,732	0,536
Factor 2	-1,03	0,884	0,781
Factor 3	0,01	1,620	2,624
Factor 4	0,85	0,893	0,797
Factor 5	0,10	0,946	0,895
Factor 6	0,23	1,078	1,162

La desviación típica del factor 1 para los 4 cluster es muy similar, lo que, al ser el factor que mayor porcentaje de varianza inicial explica, indica que se trata de una elección del número de cluster acertada.

5.3.5.2. Componentes de cada uno de los cluster

Al igual que en el análisis de componentes principales, en este caso se ha considerado cada campaña de cada zona regable de forma independiente, lo que ha permitido aumentar la muestra. La Tabla 5.10 muestra las zonas y campañas correspondientes a cada uno de los cluster, así como la distancia euclídea de cada una de ellas al centroide del cluster al que pertenecen.

Tabla 5.10. Zonas y campañas correspondientes a cada cluster

ZONA Y CAMPAÑA	CLUSTER	DISTANCIA
Bembézar MD (00 - 01)	4	1,22
Bembézar MD (01 - 02)	4	1,10
Bembézar MD (96 - 97)	4	0,92
Bembézar MD (97 - 98)	4	1,18
Bembézar MD (98 - 99)	4	0,82
Bembézar MD (99 - 00)	4	1,09
Bembézar MI (00 - 01)	4	0,71
Bembézar MI (01 - 02)	4	0,80
Bembézar MI (96 - 97)	4	0,56
Bembézar MI (97 - 98)	4	0,67
Bembézar MI (98 - 99)	4	0,80
Bembézar MI (99 - 00)	4	1,13
El Rumblar (00 - 01)	3	0,86
El Rumblar (01 - 02)	3	0,86
El Rumblar (98 - 99)	4	1,02
El Rumblar (99 - 00)	3	0,89
El Villar (00 - 01)	3	1,94
El Villar (01 - 02)	3	0,63
El Villar (96 - 97)	3	0,82
El Villar (97 - 98)	3	0,98
El Villar (98 - 99)	3	0,86
El Villar (99 - 00)	3	0,81
Fuente Palmera (00 - 01)	3	0,62
Fuente Palmera (01 - 02)	3	0,92
Fuente Palmera (96 - 97)	3	1,08
Fuente Palmera (97 - 98)	3	1,38
Fuente Palmera (98 - 99)	3	0,60
Fuente Palmera (99 - 00)	3	0,53
Genil-Cabra (00 - 01)	3	0,73
Genil-Cabra (01 - 02)	3	0,77
Genil-Cabra (96 - 97)	3	1,09
Genil-Cabra (97 - 98)	3	2,36
Genil-Cabra (98 - 99)	3	1,15
Genil-Cabra (99 - 00)	3	0,82

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Guadalmellato (00 - 01)	4	1,03
Guadalmellato (01 - 02)	4	1,09
Guadalmellato (95 - 96)	4	1,51
Guadalmellato (97 - 98)	4	1,40
Guadalmellato (98 - 99)	4	1,04
Guadalmellato (99 - 00)	3	0,92
Piedras-Guadiana (00 - 01)	1	0,22
Piedras-Guadiana (01 - 02)	1	0,29
Piedras-Guadiana (99 - 00)	1	0,14
Sector BXII (00 - 01)	2	0,10
Sector BXII (01 - 02)	2	0,18
Sector BXII (95 - 96)	2	0,66
Sector BXII (96 - 97)	2	0,51
Sector BXII (97 - 98)	2	0,69
Sector BXII (98 - 99)	2	0,56
Sector BXII (99 - 00)	2	0,52

En la Figura 5.4 se retoma el ejemplo mostrado en la Figura 5.2 (en la cual se representaban todas las zonas y campañas según sus coordenadas en los dos primeros factores), ilustrando sobre la misma la distribución de los 4 cluster obtenidos.

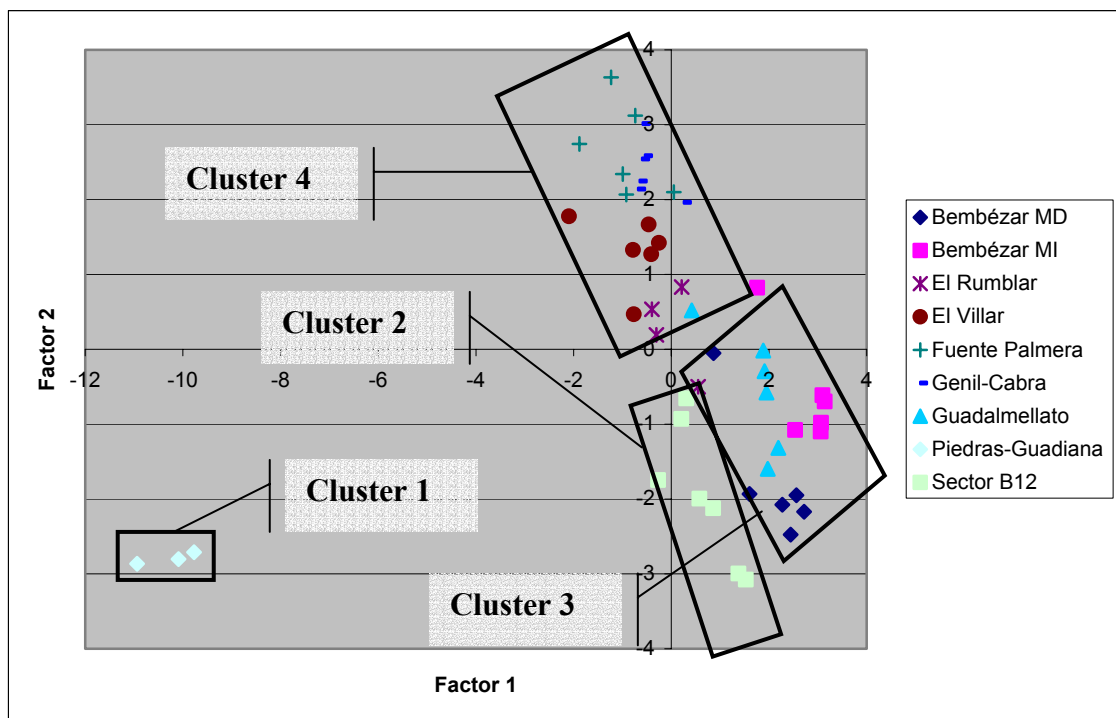


Figura 5.4. Representación gráfica de los cluster

5.3.6. Análisis de la comunidad tipo de cada uno de los cluster

5.3.6.1. Cluster 1

El cluster 1 está formado por las tres campañas estudiadas de la Comunidad de Piedras-Guadiana.

Este cluster se caracteriza por una alta productividad tanto por hectárea como por metro cúbico de agua suministrada, además de unos altos costes de manejo. Parte de los altos costes por hectárea se justifican por el elevado número de personas empleadas en la Comunidad de Regantes, además de esto, el principal gasto es el energético, debido a la gran altura a la que es necesario elevar el agua.

Al ser una zona moderna, dotada de red a presión, la eficiencia en la distribución es bastante alta, cifrándose las pérdidas en aproximadamente el 3 %.

Debido a pertenecer a la cuenca del Guadiana, durante los últimos 10 años no han tenido problemas de disponibilidad de agua, siendo su garantía de suministro del 100 %.

5.3.6.2. Cluster 2

Al igual que lo que sucedía en el cluster 1, el cluster 2 está constituido por una sola zona regable, de la que incluye todas sus campañas. De esta forma, en este cluster se incluyen las 7 campañas estudiadas del sector B XII.

Esta zona se sitúa en un punto intermedio entre las zonas de interior modernas dotadas de red de presión y las zonas de interior más antiguas, con riego por superficie.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Esta zona se caracteriza por un gran gasto de agua y, por tanto, un elevado RWS, con valores característicos de las zonas de distribución mediante canales.

La eficiencia en la distribución presenta un valor intermedio entre unas zonas y otras, debido a que en la distribución del agua se combinan los canales, los cuales van hasta las estaciones sectoriales de bombeo, y las tuberías a presión, desde las estaciones hasta las tomas de parcela.

Las tomas de parcela no disponen de contador, pagando actualmente el agricultor únicamente por hectárea regada en concepto de derechos por el agua aplicada. El que ningún concepto de la factura se pague por metro cúbico propicia este elevado gasto de agua, al no poseer el agricultor ningún tipo de incentivo para un uso eficiente del agua de riego.

Esta Comunidad presenta unos elevados costes por hectárea, en parte debido a la gran cantidad de servicios que se prestan a los comuneros, entre los que se incluyen la reparación de los caminos y los gastos de operación y mantenimiento de la red de drenaje existente. El que se presten dichos servicios obliga a la Comunidad a emplear a un elevado número de personas.

La existencia de una red de drenaje es algo único dentro de las Comunidades estudiadas y, posiblemente, ha propiciado el que esta Comunidad se encuentre dentro de un cluster independiente.

La Comunidad se encuentra actualmente en proceso de modernización, estando en proyecto la colocación de contadores en parcela, lo que derivará en una factura binómica en la que también se cobrará por metro cúbico de agua de riego. Casi con toda seguridad, esto derivará en una reducción de los consumos de agua.

5.3.6.3. *Cluster 3*

El cluster 3 está formado por las Comunidades de Regantes tradicionales de interior con riego por superficie. De esta forma, se incluyen todas las campañas de las Comunidades de Regantes Bembézar MD, Bembézar MI y Guadalquivir. La Comunidad de Regantes de Guadalquivir presenta la excepción de la campaña 1999/00, la cual se incluye en el cluster 4. Esto es debido a que en la citada campaña la disponibilidad hídrica fue menor, lo que, unido a los altos costes de manejo ocasionados por la cantidad de personal empleada, ha motivado una alta productividad y unos altos costes de manejo por metro cúbico de agua suministrada.

Las Comunidades de este cluster emplean las mayores cantidades de agua por unidad de superficie, con valores del RWS y RIS muy elevados. Este alto consumo de agua está motivado por la existencia de redes de distribución antiguas, organizadas por turnos y con unos valores de eficiencia en la distribución bastante bajos en comparación con los existentes en el resto de los cluster.

Las tres Comunidades presentan unos costes de manejo muy bajos, tanto por superficie regada como por agua empleada. La principal causa es que no precisan de altos costes energéticos para la elevación del agua, además de esto, tienen unos menores costes de Confederación Hidrográfica al tratarse de obras ya amortizadas.

Las tres Comunidades incluidas en el cluster 3 se encuentran en proceso de modernización, lo que, previsiblemente, las aproximará al cluster 4.

5.3.6.4. *Cluster 4*

En el último de los cluster se encuentran incluidas las Comunidades de Regantes de interior con red a presión y organizadas a la demanda. Este es el caso del Genil-Cabra, Fuente Palmera y El Villar.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Además de estas tres Comunidades, aparecen tres de las cuatro campañas estudiadas en El Rumblar, la cual es una red antigua con distribución mediante canales y en proceso de modernización. Esto debe ser considerado como una excepción motivada por la escasa agua consumida al ser una Comunidad con un alto porcentaje de olivar, habitualmente regado de forma deficitaria, y por los altos costes de manejo ocasionados esencialmente por el mantenimiento del canal y por el personal empleado por la Comunidad.

La Comunidad típica de este cluster presenta un reducido gasto de agua por unidad de superficie, con valores del RWS y del RIS que indican que, en ocasiones, el riego es deficitario. Poseen infraestructuras modernas, lo que hace que la eficiencia en la distribución sea superior al 90 %. El uso eficiente del agua es debido a que el regante debe pagar por el agua mediante una tarifa binómica, en la que el coste energético se satisface según los metros cúbicos consumidos.

Los costes de manejo por hectárea son elevados, debido principalmente a la existencia de unos costes energéticos que en ocasiones representan el mayor gasto de la Comunidad y al hecho de tener que amortizar las obras realizadas mediante la tarifa de Confederación Hidrográfica.

La productividad por hectárea no es mayor que la existente en el clúster 3, en cambio, si es muy superior la productividad por unidad de agua de riego, ocasionado por la menor cantidad de agua de riego consumida.

5.4. ÍNDICE DE CALIDAD

5.4.1. Objetivo del Índice de Calidad (IC)

Hasta ahora mediante el análisis multivariante se han conseguido dos grandes objetivos:

- El análisis de componentes principales ha permitido determinar cuáles son los indicadores de gestión que más influyen en la determinación de la variabilidad existente entre unas Comunidades de Regantes y otras.
- Mediante las técnicas de análisis de cluster se ha podido realizar una primera agrupación de las Comunidades de Regantes según sus principales características.

El Índice de Calidad (IC) surge con el objetivo de clasificar, de una manera global, la calidad en la gestión de una Comunidad de Regantes y con el de organizar el análisis de los indicadores de gestión, determinando los aspectos en los que una Comunidad debería mejorar, mediante el estudio de las clasificaciones obtenidas en cada uno de los subapartados del índice.

Principalmente, el IC se basa en los factores principales determinados en el análisis de componentes principales realizado en el apartado 5.2. Basándose en los resultados obtenidos, se han determinado los indicadores más representativos y se les ha asignado un determinado peso según la varianza que explicaban en el citado análisis y según su contribución a la creación del factor.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Las técnicas de análisis de cluster están directamente relacionadas con la interpretación del índice, al haberse identificado cada uno de los cluster con un determinado intervalo del valor del IC.

Con toda la información citada, más los valores de los indicadores de gestión de las Comunidades de Regantes ya estudiadas, se ha desarrollado una herramienta de gran utilidad para la correcta aplicación del proceso de benchmarking, que permite determinar, de una forma clara, los principales aspectos a mejorar en la gestión de la Comunidad.

5.4.2. Estructura del IC

El IC está constituido por cuatro niveles compuestos que coinciden, en gran parte, con los primeros cuatro factores principales anteriormente determinados. Entre ellos se explica algo más del 75 % de la varianza. En la Tabla 5.11 se describen cada uno de ellos, la metodología para el cálculo del IC y la varianza explicada mediante los mismos:

Tabla 5.11. Cálculo del IC

Nivel	Denominación	Varianza explicada (%)
Nivel 1	Costes y Productividad (C P)	42,58
Nivel 2	Suministro de Agua y Garantía (S A G)	16,82
Nivel 3	Suministro Relativo de agua, Personas empleadas y recuperación de Costes (R P C)	8,51
Nivel 4	Infraestructura y Personal (I P)	7,30
IC = 42,58 Nivel 1 + 16,82 Nivel 2 + 8,51 Nivel 3 + 7,30 Nivel 4		

El IC es un índice compuesto, mediante el cual es posible explicar aproximadamente el 75 % de la varianza existente en la zona. Mediante el mismo, se ha

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

podido pasar de un espacio de 4 dimensiones (4 factores principales) a una sola dimensión, en la que queda sintetizada la información y de una interpretación mucho más práctica, rápida y sencilla. A cada uno de los niveles se le asigna un peso, el cual depende de la varianza de su factor principal correspondiente.

Para la determinación de cada uno de los niveles, se recurre a los indicadores que más han contribuido a la creación de su respectivo factor principal o, lo que es lo mismo, los que más contribuyen a la explicación de la varianza del factor. De esta forma, los niveles del IC son meras adaptaciones, o más bien simplificaciones, de los factores principales determinados en el apartado 5.2.2. En la Tabla 5.12 se muestra la determinación del nivel 1.

Tabla 5.12. Cálculo del Nivel 1

Variable	Indicadores que la componen	μ	σ
Costes de manejo (C M)	Costes de manejo por unidad de área (€/ha)	238,55	145,009
Retornos por unidad de Agua (R A)	Retornos medios por m ³ del agua de riego suministrada (€/m ³)	0,06	0,040
Productividad (P)	Productividad por unidad de área regable (€/ha)	3232,61	1591,518
	Productividad por unidad de área regada (€/ha)	3529,29	2337,824
	Productividad por unidad de agua suministrada (€/m ³)	0,89	0,579
	Productividad por unidad de agua de riego (€/m ³)	0,76	0,578
	Productividad por unidad de agua total (€/m ³)	0,36	0,261
	Productividad por unidad de agua consumida (€/m ³)	0,46	0,218
Nivel 1 = 100 (- C M + R A + P) / 8			

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE
LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Cada una de las variables que intervienen en el cálculo se determinan mediante la suma de los valores normalizados (se incluyen la media y la varianza de cada uno de ellos) de los indicadores que la componen. En la Tabla 5.12 también se muestra la fórmula a emplear para el cálculo del nivel 2. Los signos con los que cada una de las variables entran en la formación del nivel se deben al criterio de que si su efecto se considera beneficioso se suma al valor del factor y si un elevado valor de la variable se considera como un aspecto negativo, se resta. De la misma forma, en las Tablas 5.14 y 5.15 se muestran respectivamente la metodología para la determinación de los niveles 3 y 4.

Tabla 5.13. Cálculo del Nivel 2

Variable	Indicadores que la componen	μ	σ
Suministro de Agua (S A)	Suministro de agua de riego por unidad de área regable (m ³ /ha)	5150,35	2190,301
	Suministro de agua de riego por unidad de área regada (m ³ /ha)	5436,36	2225,095
Garantía de Suministro (G S)	Garantía de suministro (%)	74,47	12,989
Nivel 2 = 100 (- S A + G S) / 3			

Tabla 5.14. Cálculo del Nivel 3

Variable	Indicadores que la componen	μ	σ
Suministro Relativo de agua (S R)	Suministro relativo de agua	1,45	0,503
Recuperación de Costes (R C)	Ratio de recuperación de costes	0,99	0,068
Personas por Hectárea (P H)	Empleados por unidad de área (personas/ha)	0,0019	0,00088
Nivel 3 = 100 (- S R + R C - P H) / 3			

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 5.15. Cálculo del Nivel 4

Variable	Indicadores que la componen	μ	σ
Eficiencia en la Distribución (E D)	Eficiencia en la distribución	0,83	0,116
Capacidad de Distribución (C D)	Capacidad de distribución de agua	1,50	1,013
Coste por Persona (C P)	Coste por persona empleada (€/persona)	22160,28	6481,963
Nivel 4 = 100 (E D + C D - C P) / 3			

El Índice de Calidad pondera según la varianza que explica cada uno de los factores. De esta forma, la productividad será el valor que más influirá en la clasificación de la Comunidad de Regantes, teniendo más peso las productividades por las distintas unidades de agua calculadas que la productividad por hectárea, debido a su especial contribución a la formación del Nivel 1.

Pese a que el índice da un valor global de la Comunidad, del estudio de cada uno de los factores se pueden obtener una gran cantidad de conclusiones sobre los aspectos a mejorar y en los que la Comunidad podría ser considerada como un punto de referencia. La comparación independiente de cada uno de los niveles y de las variables que los componen, ofrece información sobre:

- **Nivel 1**, costes de manejo por unidad de área, retornos por unidad de agua suministrada y, especialmente, sobre la productividad, tanto por unidad de superficie como por unidad de agua, debido a que 6 de los 8 indicadores empleados tratan este aspecto.
- **Nivel 2**, informa sobre el agua empleada por unidad de superficie y la garantía de suministro de agua de la zona.
- **Nivel 3**, relaciona tres indicadores diferentes como son el suministro relativo de agua, la recuperación de costes y las personas empleadas por hectárea.

- **Nivel 4**, relacionado con la infraestructura de la red, eficiencia en la distribución y capacidad de distribución de agua, y con los costes de personal.

El contenido de algunos niveles, 3 y 4, es bastante heterogéneo. No obstante, al analizar una determinada Comunidad y detectar un déficit con respecto al resto en uno de ellos, es posible completar el análisis comparando las variables que lo componen y, de esta forma, precisar el aspecto a ser mejorado.

Al estar basado en los valores de los indicadores de gestión, el IC no presenta un valor máximo ni un valor mínimo, siempre va a depender de las características de las zonas estudiadas. Pese a esto, se puede afirmar que un valor cuanto más positivo indica una situación más deseable, al mismo tiempo que cuanto más negativo indica una peor gestión y una existencia de más aspectos a mejorar.

5.4.3. Interpretación del IC

Al tratarse el IC de un índice compuesto, formado por cuatro niveles, la interpretación del mismo no es una tarea sencilla, pudiéndose extraer conclusiones tanto del valor del índice, como de cada uno de los niveles que lo componen y, por último, de cada una de las variables que lo forman.

Al tratarse de un proceso de benchmarking en el que la información a obtener proviene de comparaciones de unas zonas con otras, más que el propio valor del IC, interesa estudiar la posición relativa o *ranking* que obtiene cada una de las Comunidades de Regantes a estudiar, en comparación con el resto.

Que una Comunidad presente un IC bajo no indica necesariamente que la gestión global de la misma sea deficiente. El índice está altamente influenciado por la productividad porque es el indicador que más influye en la explicación de la varianza

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

entre unas zonas y otras. Debido a esto, una Comunidad podría presentar una productividad baja y, consecuentemente, un valor del IC bastante deficiente debido al bajo valor del nivel 1 y obtener calificaciones bastante aceptables para el resto de niveles, para los cuales podría ser considerada como un modelo a seguir. Para el estudio de una Comunidad será necesario estudiar los valores obtenidos en los cuatro niveles, prestando especial atención a los que obtienen posiciones relativas más bajas.

Para aclarar la interpretación del índice de calidad, en la Tabla 5.16 se muestra un ejemplo de su aplicación para cuatro Comunidades de Regantes imaginarias: A, B, C y D.

Tabla 5.16. Ejemplo de aplicación del IC

Comunidad de Regantes	A	B	C	D
Campaña	2002/2003	2002/2003	2002/2003	2002/2003
NIVEL 1	11430,4	-2046,0	544,1	-220,4
Valor de C M	-290,8	36,0	32,7	-47,4
Valor de R A	215,7	-79,8	15,7	104,1
Valor de P	2180,9	-333,1	51,8	-97,4
NIVEL 2	2446,8	-1030,2	860,8	405,0
Valor de S A	117,7	-172,9	196,2	187,9
Valor de G S	314,0	-8,8	-44,3	-116,4
NIVEL 3	-425,9	-754,1	449,9	239,7
Valor de S R	92,1	-177,0	63,3	48,6
Valor de R C	-7,0	-7,0	13,6	-10,2
Valor de P H	-240,5	-91,2	87,3	49,0
NIVEL 4	427,7	64,3	511,8	-228,2
Valor de E D	116,4	-21,1	59,0	76,7
Valor de C D	-34,0	49,0	236,9	-20,9
Valor de C P	114,9	1,8	-59,9	-161,0
ÍNDICE DE CALIDAD (I C)	13879,1	-3766,0	2366,7	196,1

Para aclarar los resultados y para facilitar su interpretación, en la Tabla 5.17 se ha creado un *ranking* con las posiciones relativas obtenidas por cada una de ellas, en relación al resto, en cada uno de los niveles y variables, ordenadas de mayor a menor (4 indica el mayor valor de las cuatro Comunidades y 1 el valor más bajo).

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE
LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Tabla 5.17. Ejemplo de aplicación del IC (ranking)

Comunidad de Regantes	A	B	C	D
Campaña	2002/2003	2002/2003	2002/2003	2002/2003
NIVEL 1	4	1	3	2
Valor de C M	1	4	3	2
Valor de R A	4	1	2	3
Valor de P	4	1	3	2
NIVEL 2	4	1	3	2
Valor de S A	2	1	4	3
Valor de G S	4	3	2	1
NIVEL 3	2	1	4	3
Valor de S R	4	1	3	2
Valor de R C	3	3	4	1
Valor de P H	1	2	4	3
NIVEL 4	3	2	4	1
Valor de E D	4	1	2	3
Valor de C D	1	3	4	2
Valor de C P	4	3	2	1
ÍNDICE DE CALIDAD (I C)	4	1	3	2

Un valor relativo del IC bajo indica principalmente que la productividad de la zona no es excesivamente alta. La productividad con más influencia en la creación del *ranking* es la productividad por unidad de agua empleada, mayor que por unidad de superficie, la cual presenta una menor variabilidad entre unas zonas y otras.

Del análisis del nivel 1 se obtiene que la Comunidad A es la mejor y la B la peor. No obstante, profundizando en las clasificaciones según los valores de las variables, se puede ver que la Comunidad A es la mejor en las variables P (productividad) y RA (retornos por unidad de agua suministrada), en cambio su valor en la variable CM (costes de manejo por unidad de superficie) es la peor de todas. Justo lo contrario sucede para el caso de la Comunidad de Regantes B, presenta el peor registro en productividad y en retornos por unidad de agua y la mejor relación de costes de manejo por unidad de superficie. Por tanto, del análisis del factor, se obtiene la conclusión de que la Comunidad A es la mejor, aunque sería conveniente una reducción de los costes de manejo. En cambio, la Comunidad B es la que presenta unos costes más reducidos, aunque la productividad, especialmente por metro cúbico suministrado, sería el punto a mejorar.

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Algunas pautas para la interpretación del nivel 1 se muestran en la Tabla 5.18, según la posición relativa obtenida por cada una de las Comunidades con respecto al resto.

Tabla 5.18. Interpretación del Nivel 1

Nivel 1	alto	La productividad de la zona es adecuada.
	bajo	Es necesario mejorar la productividad por unidad de agua suministrada y por unidad de superficie.
CM	alto	Los costes de manejo por unidad de superficie son reducidos.
	bajo	Los costes de manejo por unidad de superficie son elevados, sería necesaria una revisión y una reducción de los mismos.
RA	alto	Los retornos percibidos de los usuarios por unidad de agua son altos, en la mayor parte de los casos suele indicar un mejor del uso del agua, al dividir los costes entre menos metros cúbicos.
	bajo	Es el caso contrario al anterior, una reducción del agua de riego empleada podría aumentar el valor.
P	alto	La productividad obtenida es la adecuada para los recursos agua y suelo empleados.
	bajo	Es necesario mejorar la productividad, bien reducción de la cantidad de agua empleada o cambiando a cultivos de mayor valor económico.

Para la mejora del nivel 1, las tres medidas más acertadas serían las siguientes:

- Mejorar el uso del agua de riego empleada en la producción, esto aumentará la productividad y los retornos por unidad de agua.
- Reducción de los costes de manejo.
- Búsqueda de cultivos con un mayor valor económico.

En el nivel 2 se consideran dos efectos, el agua empleada por unidad de superficie (con mayor influencia) y la garantía de suministro, sobre la que será difícil actuar al depender de la disponibilidad de agua en la cuenca. En el ejemplo anterior, la Comunidad A vuelve a obtener la mejor clasificación, aunque es debido principalmente

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

a la elevada garantía de suministro que presenta. En cambio, la Comunidad C, con la segunda posición, presentaría un menor consumo de agua, siendo inferior en garantía de suministro, algo que no depende de la gestión propia de la Comunidad de Regantes. En la Tabla 5.19 se indica el significado de un alto o un bajo valor del nivel 2.

Tabla 5.19. Interpretación del Nivel 2

Nivel 2	alto	Se usa poca agua por unidad de superficie o la garantía de suministro es alta.
	bajo	Se debería mejorar el uso del agua de riego empleada o mejorar la garantía de suministro.
SA	alto	Se usa el de agua de riego de forma adecuada.
	bajo	Se debería mejorar el uso del agua de riego empleada.
GS	alto	Se dispone de agua durante la mayor parte de los años.
	bajo	La escasez de agua durante algunos años hace que el índice sea más bajo.

Para mejorar el nivel 2, los gestores de una Comunidad de Regantes, básicamente deberían reducir las cantidades de agua aplicadas por unidad de superficie, ya que una actuación sobre la garantía de suministro escaparía de sus manos, siendo más bien responsabilidad del organismo de cuenca.

En la mayor parte de los casos, una actuación para la mejora en el uso del agua de riego aplicada está asociada a un proceso de modernización, en el cual se reducen las pérdidas de agua en la red y se reduce el consumo del recurso al cobrarsele a cada agricultor según la cantidad de agua consumida. La reducción del consumo de agua de riego debe estar asociada al estudio de los indicadores “suministro relativo de agua” y “suministro relativo de agua de riego”, de manera que se emplee justamente la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de evapotranspiración de los cultivos.

Más heterogéneo resulta el nivel 3, al englobar 3 variables muy diferentes entre si: Suministro relativo de agua, relación de recuperación de costes y empleados por unidad de área. Pese a esto, los indicadores que van a tener más efecto en su cálculo son

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

el primero y el tercero, ya que la recuperación de costes en todas las Comunidades tiende a 1, al ser organismos sin afán de lucro y únicamente repercuten en los usuarios los gastos originados en la gestión, por lo que la variabilidad entre ellas es prácticamente nula. En la Tabla 5.20 se muestran las pautas para la interpretación del nivel 3.

Tabla 5.20. Interpretación del Nivel 3

Nivel 3	alto	Se usa el agua de riego de forma adecuada o el número de empleados es reducido.
	bajo	Es necesario disminuir la cantidad de agua suministrada o reducir el número de personas empleadas.
SR	alto	Se emplea el agua necesaria para cubrir las necesidades de los cultivos.
	bajo	Se emplea más agua que la puramente necesaria para cubrir las necesidades de los cultivos.
RC	alto	La Comunidad cubre con las cuotas de los comuneros todos los gastos originados en la gestión.
	bajo	Con las cuotas de los comuneros no se cubren todos los gastos. Posiblemente sea necesario elevarlas.
PH	alto	Hay una cantidad reducida de personal.
	bajo	Existe un exceso de personal en la zona regable.

Retomando el ejemplo de la Tabla 5.17 se observa que la Comunidad C obtendría la mejor posición relativa, seguida de la Comunidad D. En el caso de la Comunidad C, se debe a la recuperación de costes, en donde ese alto valor indica que los retornos percibidos de los usuarios son mayores o iguales que los costes de manejo, y a la existencia de un reducido número de personas empleadas por hectárea.

La Comunidad A obtendría en este Nivel un valor discreto, debido a que emplea una gran cantidad de personas. Esto, en parte, puede explicar los excesivos costes de manejo que se detectaron en el nivel 1. Por otro lado, presenta el mejor valor de SR, lo que emplea la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de los cultivos. En el nivel 2 se detectó que se aplicaba bastante agua por unidad de superficie, aunque

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

ahora se ha comprobado que esa agua está correctamente empleada, por lo que no sería necesaria ninguna actuación en ese aspecto.

Para mejorar el nivel 3, una Comunidad de Regantes podría abordar dos posibles actuaciones:

- Mejorar el manejo del agua de riego y de esta forma reducir el suministro relativo de agua.
- Reducir el número de personas empleadas por unidad de superficie.

La otra variable, relacionada con la recuperación de costes, presenta una menor variabilidad debido a que prácticamente todas las Comunidades de Regantes estudiadas recuperan la totalidad de sus costes de manejo y en caso de existir beneficios, serán muy reducidos al ser organizaciones sin afán de lucro.

El nivel 4 se centra principalmente en la calidad de las infraestructuras, valores bajos de ED y CD indican que las infraestructuras son antiguas, con altas pérdidas y que, posiblemente, no sean capaces de suministrar toda el agua demandada en el período de máximas necesidades. La variable CP indica el coste por persona empleada.

En el ejemplo anterior, el mejor valor lo vuelve a obtener la Comunidad A, obteniendo los mejores valores de ED y CP. Pese a esto, su valor de CD es el peor, por lo que podrían tener problemas de suministro en los momentos de máxima demanda de agua, debido a que la red podría ser insuficiente.

La Comunidad B, con el peor valor de ED, muestra que es una zona con infraestructuras antiguas y con elevadas pérdidas, en cambio, su valor de CD indica que esa red es suficiente para cubrir las necesidades.

Para aumentar el nivel 4, una Comunidad de Regantes podría:

- Modernizar las infraestructuras, disminuyendo pérdidas y aumentando la capacidad de suministro de agua.
- Reducir el coste por persona empleada.

La interpretación del Nivel 4 se resume en la Tabla 5.21.

Tabla 5.21. Interpretación del Nivel 4

Nivel 4	alto	Existen buenas infraestructuras para la distribución del agua. Salarios del personal adecuado.
	bajo	Las infraestructuras no son adecuadas. Elevado coste por persona.
ED	alto	En la red no existen una gran cantidad de pérdidas.
	bajo	Elevadas pérdidas en la red.
CD	alto	La red es capaz de satisfacer las necesidades en los momentos de mayor demanda.
	bajo	La red puede ser insuficiente en momentos de máxima demanda.
CP	alto	Coste reducido por persona empleada.
	bajo	Los salarios son elevados en comparación con el resto.

5.4.4. Aplicación del IC a las Comunidades de Regantes

En las tablas siguientes, se muestra el resultado de aplicar el IC a las Comunidades de Regantes estudiadas. Con el objetivo de tener en cuenta la posible variabilidad existente entre las campañas, se ha considerado la campaña promedio de cada una de las zonas estudiadas.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE
LOS INDICADORES DE GESTIÓN

Tabla 5.22. Resultado de la aplicación del IC

Comunidad de Regantes	Piedras- Guadiana	Guadalmellato	Genil- Cabra	Fuente Palmera	El Villar	Bembézar MI	Bembézar MD	El Rumblar	Sector B12
	promedio	promedio	promedio	promedio	promedio	promedio	promedio	promedio	promedio
Campaña	11597,8	-1865,4	718,5	-49,3	-834,2	-1177,8	-485,4	213,4	-1241,5
NIVEL 1									
Valor de C M	-307,8	40,0	36,5	-48,7	-104,5	104,7	99,1	4,7	-11,9
Valor de R A	232,4	-79,0	21,7	114,8	94,7	-105,3	-117,6	15,8	-36,1
Valor de P	2329,6	-323,6	81,4	-75,7	-152,3	-228,3	-75,8	21,0	-193,3
NIVEL 2	1874,2	-1053,0	853,8	514,2	560,1	-1352,0	-1208,4	-29,7	390,5
Valor de S A	133,1	-150,8	210,0	201,8	132,9	-203,4	-178,1	29,2	-127,9
Valor de G S	196,6	-34,4	-59,8	-111,4	-34,4	-34,4	-34,4	-34,4	196,6
NIVEL 3	-421,4	-766,2	485,1	265,6	-161,6	225,7	226,4	378,7	-123,4
Valor de S R	96,5	-184,8	66,4	51,0	2,0	-52,2	-46,8	91,9	-1,3
Valor de R C	-10,2	-10,2	11,7	-13,6	-49,3	16,4	24,4	19,1	19,1
Valor de P H	-240,7	-85,7	99,6	59,9	-12,0	118,5	105,3	27,8	-63,0
NIVEL 4	372,7	10,7	553,2	-245,8	164,6	-833,0	-212,6	-382,6	434,8
Valor de E D	121,5	-25,1	60,3	79,2	89,6	-197,6	-111,4	-111,4	18,0
Valor de C D	-38,1	50,4	250,6	-24,2	-43,6	-40,1	-46,1	-63,8	12,8
Valor de C P	76,4	-20,7	-73,7	-160,5	24,7	-119,6	66,2	11,0	155,6
ÍNDICE DE CALIDAD (IC)	13423,4	-3673,8	2610,5	484,7	-271,1	-3137,1	-1680,0	179,7	-539,7

ESTUDIO DE LA GESTIÓN DEL AGUA DE RIEGO Y APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS
DE BENCHMARKING A LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Tabla 5.23. Resultado de la aplicación del IC (ranking)

Comunidad de Regantes	Piedras- Guadiana promedio	Guadalmellato promedio	Genil- Cabra promedio	Fuente Palmera promedio	El Villar promedio	Bembézar MI promedio	Bembézar MD promedio	El Rumbiar promedio	Sector B12 promedio
NIVEL 1	9	1	8	6	4	3	5	7	2
Valor de C M	1	7	6	3	2	9	8	5	4
Valor de R A	9	3	6	8	7	2	1	5	4
Valor de P	9	1	8	6	4	2	5	7	3
NIVEL 2	9	3	8	6	7	1	2	4	5
Valor de S A	7	3	9	8	6	1	2	5	4
Valor de G S	9	7	2	1	7	7	7	7	9
NIVEL 3	2	1	9	7	3	5	6	8	4
Valor de S R	9	1	7	6	5	2	3	8	4
Valor de R C	4	4	5	2	1	6	9	8	8
Valor de P H	1	2	7	6	4	9	8	5	3
NIVEL 4	7	5	9	3	6	1	4	2	8
Valor de E D	9	4	6	7	8	1	3	3	5
Valor de C D	5	8	9	6	3	4	2	1	7
Valor de C P	8	4	3	1	6	2	7	5	9
ÍNDICE DE CALIDAD (IC)	9	1	8	7	5	2	3	6	4

5.4.5. Análisis de los valores del IC

Las clasificaciones obtenidas en la Tabla 5.23 permiten conocer la situación relativa de cada Comunidad de Regantes con respecto al resto, indicando cuales serían los puntos fuertes y los débiles de su gestión. En los siguientes apartados se interpretan los resultados del IC para cada una de las Comunidades estudiadas.

5.4.5.1. Piedras-Guadiana

Esta Comunidad consigue el mayor valor del IC, motivado, en su mayor parte, por el elevado resultado obtenido en el Nivel 1, gracias a la gran productividad obtenida tanto por hectárea como por metro cúbico. El análisis del Nivel 1 también destaca que los costes de manejo de la Comunidad son los más elevados de todas las zonas estudiadas.

También consigue el mejor valor en el Nivel 2, gracias a que es una de las Comunidades que menos cantidad de agua por unidad de superficie emplea, unido a la mejor garantía de suministro (pertenece a la cuenca del Guadiana).

En el Nivel 3 obtiene una baja clasificación debido a que, pese a aplicar un riego deficitario y tener un bajo RWS, es la Comunidad que mayor número de personas por hectárea emplea.

El Nivel 4 indica que posee una excelente eficiencia en la distribución, aunque su capacidad de distribución de agua no es excesivamente elevada. Por el contrario, presenta uno de los mejores valores de coste por persona empleada.

5.4.5.2. *Guadalmellato*

La Comunidad de Guadalmellato obtiene el peor valor del IC. La principal causa es el bajo valor del Nivel 1, el peor de todos, motivado por la baja productividad de la zona, tanto por hectárea como por metro cúbico.

Al ser una zona con infraestructuras antiguas, es comprensible el hecho de que se emplee una gran cantidad de agua para la producción, con la consecuente pérdida de productividad por metro cúbico que implica. No obstante, la productividad por hectárea es también la más baja de todas las zonas, esto indica que la principal actuación en la zona debería ser la de diversificar los cultivos actuales, buscando otros con un mayor valor de la producción agrícola.

Los costes de manejo de la Comunidad son aceptables, aunque superiores a otras zonas como Bembézar MD y Bembézar MI. Esto es debido a la gran cantidad de personas empleadas.

En el Nivel 2 también obtiene una baja clasificación, debido a que es la tercera Comunidad que más cantidad de agua por unidad de superficie emplea. La garantía de suministro es la típica de las zonas de la cuenca del Guadalquivir.

Analizando el Nivel 3 se observa que es la Comunidad con un mayor RWS, lo que implica que el manejo del riego es mejorable, aplicándose actualmente una cantidad de agua muy superior a la demandada por los cultivos. Además, es la segunda Comunidad que más personal emplea, con el consecuente aumento en los gastos de gestión.

La mejor clasificación la obtienen en el Nivel 4, debido a la alta capacidad de distribución de agua, motivado por las grandes dimensiones del canal. La eficiencia en la distribución es baja, al igual que el resto de zonas de su cluster.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

La zona se encuentra en proceso de modernización, esto propiciará un acercamiento de los indicadores a los propios de las Comunidades con red a presión. Pese a esto, serían deseables esfuerzos en el sentido de búsqueda de rotaciones de cultivos que propicien un aumento del valor de la producción agrícola, además de una mejora en el manejo del riego, de forma que sea posible reducir el valor del RWS.

5.4.5.3. *Genil-Cabra*

La zona regable de Genil-Cabra es la más moderna de las estudiadas. Pese a que los agricultores no llevan demasiado tiempo familiarizándose con el riego, los indicadores de gestión de la zona la convierten en una Comunidad de Regantes modelo a seguir dentro de las zonas de interior. Prueba de ello es que su IC solo es superado por Piedras-Guadiana, la cual es una zona con posibilidades de producción muy diferentes al resto.

Aunque la productividad por hectárea de la zona no es excesivamente alta, presenta una productividad por unidad de agua muy alta, esto implica un buen uso del agua de riego.

Los costes de manejo de la Comunidad son muy competitivos, debido a la existencia de una red de gravedad (lo que reduce los costes energéticos) y al ser una zona de gran tamaño (lo que permite dividir entre muchas hectáreas los gastos generales).

El que se trate de una red a presión en la que cada comunero paga parte del agua por volumen consumido, ha sido el principal factor en el buen uso del agua de riego, siendo la Comunidad que menos agua por unidad de superficie consume (Nivel 2).

La zona regable del Genil-Cabra obtiene además el mejor valor en el Nivel 3, motivado por la calidad del riego aplicado por los agricultores, lo que se traduce en un bajo RWS, además de emplear a una escasa cantidad de personas.

El Nivel 4 muestra que es una zona con alta capacidad de distribución, esto se debe a que el canal está diseñado para suministrar agua a una superficie más de tres veces mayor a la actualmente regada, y con pocas pérdidas en la red.

En definitiva, se trata de una Comunidad que podría ser considerada como modelo a seguir por el resto de zonas de interior. Las mejoras en la misma deberían encaminarse a la búsqueda de rotaciones de cultivos que permitan un aumento de la productividad por hectárea.

5.4.5.4. Fuente Palmera

Esta Comunidad presenta una clasificación en el *ranking* típica de las zonas de interior con red a presión. En el Nivel 1 obtiene un valor menor competitivo por los altos costes de manejo, esto está motivado por los costes energéticos necesarios para elevar el agua desde el río Guadalquivir hasta la zona regable (100 m aproximadamente). Como ejemplo de los elevados costes energéticos, se podría citar que en la campaña 2001/02 se pagaron 0,03 € más por cada m³ de agua de riego que entró al sistema que en el Genil-Cabra. La Comunidad presenta una productividad aceptable tanto por hectárea como por cantidad de agua suministrada.

El Nivel 2 muestra que se trata de una de las Comunidades que menos cantidad de agua por unidad de superficie emplea.

Presenta uno de los mejores valores en el Nivel 3 gracias a los bajos valores del RWS, lo que indica un buen manejo del riego. Además, es una de las Comunidades con un menor número de empleados por hectárea.

La calidad de las infraestructuras se muestra en el Nivel 4, mediante su buena eficiencia en la distribución y capacidad de distribución de agua.

5.4.5.5. *El Villar*

La Comunidad del Villar presenta unos valores muy similares a Fuente Palmera, con unos costes energéticos aún mayores. La productividad de la zona es una de las peores, siendo la segunda Comunidad con peor productividad por hectárea.

Lo anteriormente expuesto ha propiciado que se trate de la Comunidad del cluster 4 con peor IC y valor en el Nivel 1.

El Nivel 2 indica que no se aplica una gran cantidad de agua, aunque los suministros por unidad de superficie son mayores que en Fuente Palmera y Genil-Cabra.

También consigue un discreto lugar en el análisis del Nivel 3, debido a que posee un elevado RWS y emplea a un número de personas por hectárea superior a la media.

El estudio del Nivel 4 muestra que se trata de una red en buen estado, dado su alto valor de eficiencia en la distribución, aunque la capacidad de distribución no es demasiado alta, sobre todo teniendo en cuenta el que es una red de reciente creación.

Los esfuerzos en esta Comunidad deberían dirigirse a un aumento de la productividad por hectárea, mediante la introducción de nuevos cultivos.

5.4.5.6. *Bembézar MI*

La Comunidad de la Margen Izquierda del Bembézar posee un IC bajo, típico de zonas tradicionales con riego por superficie. No obstante, el Nivel 1 indica que es la zona con menores costes de manejo por hectárea y una de las mejores productividades por unidad de superficie, pese a esto, la gran cantidad de agua aplicada hace que los retornos y la productividad por unidad de agua sean bajos.

Lo anterior se justifica mediante el análisis del Nivel 2, al comprobar que es la Comunidad que más agua emplea.

Esta gran cantidad de agua también influye en el Nivel 3, al presentar un RWS muy elevado. Los escasos servicios prestados a los agricultores motivan que sea la Comunidad con menos empleados por hectárea.

La capacidad de distribución de agua es adecuada, aunque el estado de la red de canales hace que las pérdidas sean elevadas.

Esta Comunidad también se encuentra en proceso de modernización, lo que previsiblemente desembocará en un uso más eficiente del agua de riego.

5.4.5.7. Bembézar MD

La Margen Derecha del río Bembézar presenta una situación muy parecida a la Margen Izquierda. No obstante, el ser la Comunidad de interior con mayor productividad por hectárea hace que su valor en el IC sea superior.

De esta forma presenta altos consumos por hectárea, alto RWS y altas pérdidas en la red. El que se trate de una Comunidad en fase de modernización modificará todos estos parámetros, lo que probablemente la convertirá en un modelo a seguir gracias a sus excelentes productividades.

5.4.5.8. El Rumblar

El que esta Comunidad esté dedicada al cultivo del algodón y especialmente al olivar propicia que los consumos de agua sean reducidos gracias al riego deficitario que se aplica a este último. Esta escasa cantidad de agua propicia que las productividades por unidad de agua estén próximas al cluster 4, en el que se encuentra incluida.

5. ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE REGANTES MEDIANTE LOS INDICADORES DE GESTIÓN

La calidad del manejo del riego se muestra en el Nivel 3, en donde el valor de SR es uno de los más altos, lo que indica un ajustado RWS, con riego deficitario.

El peor valor lo obtiene en el Nivel 4, debido a la antigüedad de sus infraestructuras y, por consiguiente, altas pérdidas en la distribución y escasa capacidad de distribución de agua. La escasa capacidad de distribución hace que la calidad del servicio no sea la adecuada, especialmente en los momentos de mayor demanda.

Los indicadores de esta Comunidad indican que no sería necesaria ninguna actuación, al menos para mejorar los mismos, aunque una modernización de las infraestructuras hidráulicas generaría un aumento en la calidad del servicio prestado a los usuarios.

5.4.5.9. Sector B XII

La Comunidad del Sector B XII del Bajo Guadalquivir dispone de red a presión, organizada a la demanda para agrupaciones de cuatro parcelas, las cuales deben organizarse por turnos entre ellas. La no existencia de contadores en parcela hace que el agua sea facturada únicamente por unidad de superficie, lo que motiva que los consumos de agua sean comparables a Guadalmellato y Bembézar MD y MI.

Precisamente estos altos consumos hacen que los valores de la productividad por m³ sean muy bajos. Esto unido a los altos costes de manejo hace que el Nivel 1 sea bajo. Los altos costes de manejo se justifican considerando que se prestan servicios de drenaje de aguas en toda la Comunidad, además de servicio de reparación de caminos. Esta gran cantidad de servicios prestados son la causa de que se empleen muchas personas en el mantenimiento de la Comunidad.

La calidad de las infraestructuras de la zona hace que la capacidad de distribución y la eficiencia en la distribución obtengan valores aceptables, presentando la Comunidad en el Nivel 4 sus mejores registros.

La Comunidad se encuentra también en proceso de modernización, en la que se colocarán contadores en las bocas de riego, esto podría derivar en una reducción de la cantidad de agua de riego empleada. No obstante, los esfuerzos deberían dirigirse también al aumento de la productividad, mediante el estudio de nuevas rotaciones de cultivos.

5.5. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha tratado de dar un paso más en el análisis de las Comunidades de Regantes mediante indicadores de gestión, introduciendo técnicas de análisis multivariante como son los componentes principales y el análisis de cluster. Mediante el análisis de componentes principales se han determinado los indicadores más representativos en la caracterización de las Comunidades estudiadas, resultando ser los más importantes todos los relacionados con la productividad y con los costes de manejo del sistema. El uso de las técnicas de análisis de cluster ha permitido agrupar las zonas en cuatro grupos claramente definidos, cada uno con sus especiales características.

A partir de lo anterior, se ha desarrollado un Índice de Calidad (IC), el cual permite sistematizar las comparaciones entre Comunidades de Regantes y ofrecer algunas pautas sobre cómo mejorar los rendimientos, altos o bajos, de cada una de las Comunidades según su comparación con el resto.

Las pautas que ofrece el IC deben ser estudiadas de una forma pormenorizada antes de pasar a la acción debido a que cada Comunidad presenta características distintas, las cuales podrían explicar un determinado valor del mismo y, en ocasiones, las soluciones que se ofrecen derivadas de las comparaciones con el resto no podrían ser

llevadas a la práctica. Por tanto, el IC no debe pasar de ser una herramienta de ayuda al experto para una correcta toma de decisiones.

5.6. BIBLIOGRAFÍA

- Burt, C.M. y S.W. Styles. 2000. *Modern water control and management practices: Impact on performance*. Water Report 19. FAO.
- Carrasco, J.L. y M.A. Hernán. 1993. *Estadística Multivariante en las Ciencias de la Vida*. Editorial Ciencia 3. Madrid.
- Cuesta, D. 2001. *Estudio de métodos para procesamiento y agrupación de señales electrocardiográficas*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Davis, J.C. 1973. *Statistics and Data Analysis in Geology*. Editorial John Willey & Sons
- González, R.C. y J.T. Tou. 1974. *Pattern Recognition Principles*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Hair, J.F.; Anderson, R.E.; Tatham, R.L. y W.C. Black. 2001. *Análisis multivariante*. Prentice Hall.
- Hydro Environmental. 1999. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 1997/98*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.
- Hydro Environmental. 2000. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 1998/99*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.

Hydro Environmental. 2001. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 1999/00*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.

Hydro Environmental. 2002. *Australian Irrigation Water Provider. Benchmarking Report for 2000/01*. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Australia.

Jain, A. K. 2000. *Statistical Pattern Recognition: A Review*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 22: 4–38

Maravall, D. 1993. *Reconocimiento de Formas y Visión Artificial*. Editorial RAMA. Madrid.

Statsoft. 2003. *Electronic Textbook*. www.statsoft.com



Capítulo 6

Conclusiones

6. CONCLUSIONES

1. Las técnicas DEA son una herramienta de utilidad para el análisis de los regadíos, residiendo su mayor potencial en la detección de las zonas con mayor potencial de crecimiento. En nuestro caso, se han empleado para la identificación de los distintos tipos de regadíos existentes en Andalucía, dividiendo la región en tres zonas estadísticamente homogéneas: interior, litoral mediterráneo y litoral atlántico.
2. Los indicadores desarrollados por el IPTRID son adecuados para identificar las principales características de las Comunidades de Regantes, mostrando las diferencias existentes entre las zonas de interior y las del litoral o las zonas con riego por superficie y con riego a presión.
3. Aunque el conjunto de los indicadores del IPTRID haya mostrado las diferencias existentes entre unas zonas y otras, el reducido número de indicadores usados y su carácter universal hace que, en ocasiones, sea necesario ampliar los mismos para profundizar y explicar las diferencias. En este caso, ha sido necesario ampliar los indicadores financieros, con el objetivo de considerar las peculiaridades de la gestión de las Comunidades de Regantes.
4. Las aplicaciones de las técnicas de benchmarking al estudio de los regadíos son más limitadas que las aplicaciones al sector industrial, debido a que cada zona regable es diferente, con unas características muy específicas en infraestructuras, clima, capacidad de producción, etc. Su aplicación al regadío está más limitada a la comparación de zonas próximas con parecidas condiciones. En este caso, se demuestra ser una herramienta con gran potencial. La selección de modelos a seguir

adecuados podría llevar a grandes mejoras, especialmente en productividades y en uso eficiente del agua.

5. Mediante el uso de técnicas de análisis de componentes principales se ha demostrado que, en nuestro entorno, los indicadores con más peso en la explicación de la varianza son las productividades por metro cúbico y por hectárea y los costes de manejo del sistema.
6. Las técnicas de análisis de cluster permiten clasificar las Comunidades de Regantes, según sus principales características, basándose en los indicadores de gestión. En este caso se han podido clasificar las Comunidades estudiadas en cuatro grupos bien definidos.
7. Con la base de las técnicas de análisis de componentes principales y de análisis de cluster se ha desarrollado el Índice de Calidad (IC), el cual es una herramienta para el análisis de la gestión de las Comunidades de Regantes, mediante la que se pueden determinar fácilmente los puntos fuertes y débiles de la gestión de cada zona en relación al resto.
8. Exceptuando la Comunidad de Regantes de Piedras-Guadiana, no se han apreciado grandes diferencias en productividades por hectárea, aunque sí por cantidad de agua consumida. Esto se debe a que el consumo en las zonas con red a presión suele ser muy inferior a las zonas con riego por superficie.
9. El análisis de los indicadores muestra que la tarifa binómica, en la que el agricultor paga los costes energéticos según el volumen de agua consumido, favorece un ahorro en el agua de riego.
10. Los regantes de las zonas con red a presión dedican un mayor porcentaje del valor de su producción agrícola (muy similar en todas las zonas de interior) al coste del agua. En estos casos, además de unos mayores

costes de gestión de la Comunidad de Regantes, especialmente debidos a la presencia de costes energéticos, el regante debe hacer frente a unos costes de Confederación Hidrográfica muy superiores, motivados por la amortización de las obras realizadas.

6.1. FUTUROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo ha supuesto un primer paso en la aplicación de las técnicas de benchmarking en Andalucía, en el que se ha mostrado la utilidad que esta metodología de análisis podría tener en un futuro, de cara a lograr una mejora en la gestión de las zonas regables. No obstante, serían necesarios nuevos trabajos de investigación, encaminados a una instauración de estas técnicas en nuestras zonas regables. A continuación se citan algunas sugerencias:

1. Tomando el ejemplo de la ampliación de los indicadores financieros, se deberían desarrollar nuevos indicadores, basados en los grupos sugeridos por el IPTRID. De esta forma se podría caracterizar completamente la gestión de una Comunidad de Regantes mediante el uso de los indicadores. De especial interés sería el desarrollo de nuevos indicadores de eficiencia en la producción, incluyendo costes de cultivo y de agua y la productividad de cada uno de los cultivos de la zona de una forma independiente.
2. Desarrollo de nuevos indicadores en los que se estudie la calidad del servicio prestado a los regantes. Un buen servicio podría derivar en una mayor flexibilidad, lo que permitirá nuevos cultivos de mayor valor económico.

3. Caracterización mediante los indicadores de gestión de todas las Comunidades de Regantes, lo que permitirá conocer nuevos tipos de regadíos, los cuales, posiblemente, quedarán encasillados en nuevos cluster.
4. Estudio del comportamiento de los indicadores de gestión al finalizar los procesos de modernización en que se encuentran varias de las Comunidades de Regantes estudiadas. Esto podrá dar a conocer los efectos de la modernización.
5. Desarrollo de indicadores internos, los cuáles podrían dar claves de cómo mejorar la gestión del riego dentro de cada Comunidad de Regantes.
6. Estudio de la integración de las técnicas de benchmarking dentro del modelo actual de gestión del regadío en España, formado por los organismos de cuenca y las Comunidades de Regantes.
7. Desarrollo y aplicación de un conjunto de indicadores ambientales, más completo que el propuesto por el IPTRID, en los que se estudie la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental de los regadíos.