

# TIPOLOGÍA DE LAS ZONAS REGABLES DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR

*Gómez-Limón, J.A.<sup>1</sup>, Arriaza, M.<sup>2</sup>, Villanueva, A.J.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Prof. titular. UCO. Ftad. de Dcho. y CC. EE. y EE. Puerta Nueva s/n. 14071 Córdoba

<sup>2</sup> Investigador titular. IFAPA. Centro Alameda del Obispo. Apdo. 3092. 14080 Córdoba

<sup>3</sup> Becario predoctoral. IFAPA. Centro Alameda del Obispo. Apdo. 3092. 14080 Córdoba

**Resumen.** La agricultura de regadío en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (DHG) ha sufrido un importante proceso de cambio en las últimas dos décadas, caracterizado fundamentalmente por la irrupción del olivar y la modernización de las zonas regables. Ello ha resultado en un aumento de la superficie regada, que prácticamente se ha doblado hasta sobrepasar ampliamente las 800.000 ha, y en el consecuente incremento de la demanda de agua. Estos cambios, entre otros, no han hecho sino enriquecer la variedad de sistemas agrarios de regadío que conviven en la DHG y que pueden presentar características diferenciales. Este contexto de cambio justifica la necesidad de actualizar el conocimiento de estos sistemas. En consecuencia, en el presente trabajo se propone una tipología de las zonas regables de la DHG. Para ello se ha utilizado el Inventario de Regadíos de 2008, empleándose como unidad básica de agrupación las unidades de agregación de recintos (UAs), que componen dicho inventario, y como variables de agrupación, las variables estructurales y de distribución de cultivos de estas unidades. De esta forma, se ha obtenido una tipología que muestra cinco grupos internamente homogéneos y diferentes entre sí, y que capta a su vez la esencia del proceso de cambio mencionado. Por consiguiente, esta tipología se revela como una herramienta útil para su empleo en análisis dirigidos al apoyo de toma de decisiones, básicamente relativas a políticas públicas (tanto hidrológica como agraria), encaminados hacia una mejor gobernanza del regadío en la DHG.

## 1.- Introducción y Objetivos

La agricultura de regadío supone el 86% de la demanda media anual de agua en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (DHG) (CHG, 2010). Esta cifra se ha alcanzado a consecuencia básicamente de la intensa expansión que ha experimentado el regadío durante las dos últimas décadas (Gutiérrez-Martín et ál., 2008). Ello se ha traducido en que casi se haya doblado la superficie regada durante este período, alcanzando en la actualidad 842.056 ha (28% de la superficie de cultivo). Así, se ha fortalecido la importancia económica de estos sistemas agrarios en la demarcación, alcanzando de hecho alrededor del 60% del valor añadido bruto agrario producido en ella.

Entre los cambios que han venido de la mano de esta expansión, destaca claramente el aumento de la superficie de olivar (Martín-Ortega et ál., 2008). En efecto, el olivar ha pasado a ser el principal cultivo de regadío dentro de la DHG, ocupando más de la mitad de su superficie regada, lo cual resulta destacable dado que se trata de un cultivo tradicionalmente considerado de secano. Ello ha sido posible gracias fundamentalmente a la incorporación de España a la Unión Europea y de la

aplicación de la Política Agraria Común (PAC), que fomentó la productividad (puesta en riego) del olivar (Gómez-Limón y Arriaza, 2011). Asimismo, otras importantes causas de esta expansión han sido el desarrollo y mejora de las técnicas de riego localizado y de captación de aguas subterráneas, o la menor dotación de agua necesaria para alcanzar un nivel de producción razonable en comparación con otros cultivos (Testi et ál., 2009).

No obstante, este progreso en las técnicas de riego no ha sido exclusivo del olivar. Efectivamente, se puede afirmar que la modernización de los sistemas de regadío se ha traducido, entre otros, en la generalización del riego localizado y en el aumento del riego a la demanda (CAP, 2011). En consecuencia, tanto la expansión del olivar como la modernización han supuesto una reducción de la dotación media por hectárea, de aproximadamente el 39% entre 1992 y 2008 (Carrasco et ál., 2010). Pese a esto, las necesidades totales de agua de riego dentro de la DHG no se han reducido, como consecuencia básicamente del aumento de superficie regada (Martín-Ortega, 2011). Ello resulta de especial relevancia al tratarse de una demarcación deficitaria en recursos hídricos (CHG, 2010; Berbel et ál., 2012).

Por lo tanto, los cambios producidos en la demarcación en esta época reciente no han hecho sino enriquecer la variedad de sistemas agrarios de regadío que conviven en ella y que pueden presentar características diferenciales respecto a la distribución de cultivos y a sus características estructurales. Precisamente, este contexto de cambio justifica la necesidad de actualizar el conocimiento de los distintos tipos de usuarios del agua de riego, máxime teniendo en cuenta la escasez de trabajos recientes en este sentido<sup>1</sup>. Sin duda, esta renovación del conocimiento es útil para el apoyo de la toma de decisiones pública, no sólo del organismo gestor de la DHG, sino también de los organismos competentes en materia de agricultura y medio ambiente.

Por consiguiente, el presente trabajo tiene por objeto profundizar en el conocimiento de las características de los actuales usuarios agrarios del agua, proponiendo una tipología de las zonas regables de la DHG. Su contenido se estructura en un primer apartado donde se detalla la metodología empleada y un segundo donde se describe la tipología. El tercer apartado explica los resultados obtenidos, describiendo cada grupo de unidades de agregación obtenido. Por último, al final del documento se exponen las principales conclusiones extraídas del trabajo.

## **2.- Materiales y Métodos**

### *2.1.- Definición de la unidad de estudio*

La tipología de las zonas regables de la DHG se ha realizado utilizando como unidad básica para la agrupación las “*unidades de agregación de recintos*” (UAs) consideradas para la elaboración del Inventario de Regadíos de 2008, realizado por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) y Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero (DAP). Este inventario se compone de 1.604 registros, uno por cada UA, incluyendo una amplia información sobre cada uno.

---

<sup>1</sup> En efecto, son escasos los trabajos que proponen una tipología del regadío en la DHG incorporando los cambios recientes mencionados. Posiblemente, el más destacable sea el realizado por CAP (2011), referido a toda Andalucía y no sólo a la DHG. En él se proponen dos clasificaciones: una de tipos de regadío y otra de los cambios producidos en él. La primera se trata de una clasificación de las unidades de agregación (UAs) en base fundamentalmente a su localización geográfica y orientación productiva, pero en la que no se realiza tratamiento matemático. En la segunda se realiza un análisis de conglomerados para agrupar UAs según los cambios producidos en ellos entre 1997 y 2008, utilizando varias variables descriptivas de las UAs (relativas a la gestión, distribución y sistema del riego, así como a los cultivos predominantes). Por otra parte, existen otros trabajos previos donde también se explora la clasificación de zonas regables en la DHG, que utilizan información menos actualizada. Entre ellos, cabe destacar la clasificación del regadío en Andalucía propuesta por Rodríguez Ocaña et ál. (2004), haciendo uso de la información del Inventario y Caracterización de Regadíos 2002. Asimismo, cabe destacar el trabajo de Rodríguez-Díaz et ál. (2008), donde se clasifican un número de comunidades de regantes de la DHG utilizando fundamentalmente variables asociadas a la eficiencia en la gestión y el uso del agua.

Las UAs son el resultado de la agregación de los recintos SIGPAC siguiendo criterios basados en la gestión del agua. Así, a través de éstas se distinguen zonas regables que utilizan unas infraestructuras comunes para la captación y distribución del agua (caso de las comunidades de regantes o de las fincas particulares grandes), así como zonas regables que presentan una fuente de agua común (que también pueden ser comunidades de regantes y/o fincas particulares, y que toman el agua de un mismo tramo de río, un acuífero, etc.) (CAP, 2011). Se trata por tanto de la unidad básica de toma de decisiones en lo que respecta a la gestión de los recursos hídricos en agricultura, sobre las que deben incidir las políticas públicas orientadas a mejorar la gobernanza del regadío.

Para el presente estudio, cada una de las UAs analizadas se ha caracterizado utilizando 32 variables, entre las que cabe diferenciar:

- *Variables estructurales*: superficie regable, número de regantes, antigüedad de la comunidad de regantes, porcentaje de superficie regada por superficie, porcentaje de superficie regada por aspersión, porcentaje de superficie regada por riego localizado, consumo de agua en m<sup>3</sup> por hectárea regada, imputación por volumen (€/m<sup>3</sup>), imputación por superficie (€/ha), porcentaje del agua proveniente de aguas superficiales, porcentaje del agua proveniente de aguas subterráneas, porcentaje del agua proveniente de aguas reutilizadas.
- *Variables en relación a la distribución de cultivos* (porcentaje de la superficie regada correspondiente a cada cultivo): cereales de invierno, leguminosas, tubérculos, oleaginosas, plantas ornamentales, forrajeras, hortícolas, algodón, remolacha, maíz, cítricos, vid, olivar, almendros, otros frutales, invernaderos, arroz, fresa, forestales y retirada de tierras.

## 2.2.- Agrupación de unidades de agregación

El proceso metodológico seguido para realizar la tipología de UAs ha sido el siguiente:

- a) Depuración de los datos correspondientes a la base de datos del Inventario de Regadíos de 2008.
- b) Realización de un análisis factorial, concretamente un análisis de componentes principales (ACP), de las variables descriptivas más relevantes.
- c) A partir de los factores comunes obtenidos del análisis anterior se ha aplicado el análisis de conglomerados (*clusters* en su terminología anglosajona) para la obtención de grupos homogéneos de UAs (cinco en este caso).
- d) Búsqueda mediante el análisis de la varianza de diferencias significativas en los valores medios de las variables que caracterizan a las UAs entre los cinco grupos obtenidos en la fase anterior.

El análisis factorial tiene dos objetivos: por un lado reduce el volumen de información, facilitando así su análisis; y por otro estandariza y fusiona las variables en factores para ser utilizados como variables clasificatorias en el análisis de conglomerados. En efecto, esta última técnica alcanza su mayor eficacia cuando las variables clasificatorias se miden en la misma unidad y no están correlacionadas (Díaz de Rada, 1998).

Para el análisis factorial, según Gorsuch (1983), Hatcher (1994) y Bryant y Yarnold (1995), se recomienda tener al menos cinco casos por cada variable y no menos de 100 casos para el análisis. La base de datos utilizada, con 1.604 registros (UAs) y 32 variables características, cumple ampliamente con este requisito. A partir de estas variables se retuvieron 10 factores, cuya comunalidad media era superior a 1,00, según la regla de Kaiser (Nunnally, 1978). Estos factores retuvieron el 72,0% de la varianza inicial. Las rotaciones Varimax de estos 10 factores se utilizaron como variables clasificatorias en el análisis de conglomerados.

El procedimiento de agregación seguido fue el jerárquico (método de Ward y distancia euclídea al cuadrado), el cual permite “controlar” la evolución de las sucesivas particiones del conjunto de casos. Si bien existen algoritmos específicos que

ayudan a decidir el número óptimo de grupos (Jung et ál., 2003), es habitual realizar el análisis con diferentes números de grupos y, posteriormente, en función de la distribución de los casos y de los valores medios que alcanzan las variables relevantes para el estudio en cada grupo, decidir qué número de grupos es el más adecuado. Este procedimiento para decidir el número de conglomerados ha sido el seguido en este trabajo, optando finalmente por agrupar las UAs analizado en cinco conglomerados.

Una vez obtenidos cinco grupos homogéneos de UAs mediante el análisis de conglomerados se ha procedido a buscar diferencias estadísticamente significativas de las variables caracterizadoras de la unidad entre grupos. El análisis de la varianza junto con las pruebas post-hoc F de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch permitieron determinar estas diferencias.

### 3.- Resultados y Discusión

Se han identificado cinco grupos de UAs dentro de la DHG, que son:

- *C1-Herbáceos tradicionales de vega.*
- *C2-Campiña modernizada.*
- *C3-Olivar.*
- *C4-Hortícola tradicional.*
- *C5-Arroz.*

Previamente a la descripción de cada grupo se presentan los resultados de las variables que caracterizan a los grupos, como sus valores agregados y su distribución geográfica. Así, la diferencia entre los grupos de UAs se pone claramente de manifiesto en la Tabla 1 donde se muestran los valores de las principales variables que los caracterizan. Como se puede observar, los resultados de las pruebas ANOVA reflejan que sólo en tres variables no se aprecian diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor $<0,05$ ) entre los grupos, lo cual indica en buena medida la adecuación de la tipología realizada.

Asimismo, con el fin de aportar una visión global de la tipología de UAs obtenida, se incluye la Tabla 2, que muestra la importancia relativa de cada grupo respecto a las principales variables de superficie, así como respecto al consumo de agua, número de regantes y número de UAs. Como se puede observar los grupos más numerosos y extensos son el *C2-Campiña modernizada* y *C3-Olivar*, que sumados suponen el 71,3% de las UAs y el 85,2% de la superficie regada total de la DHG.

La distribución territorial de los grupos de UAs se muestra en la Figura 1. En ella se puede advertir cómo el grupo *C3-Olivar* se extiende prácticamente por toda la DHG, si bien se concentra fundamentalmente en Jaén. El otro grupo más extenso, el *C2-Campiña modernizada*, se distribuye claramente a lo largo de la vega del Guadalquivir y los terrenos aledaños de campiña. El grupo *C5-Arroz* es ciertamente el que presenta una distribución geográfica más homogénea, dado que se concentra en la zona de las marismas del Guadalquivir. Por su parte, el grupo *C4-Hortícola tradicional* presenta cierta dispersión, si bien la gran mayoría se localiza en Granada. Finalmente el *C1-Herbáceos tradicionales de vega* presenta la distribución geográfica más heterogénea, siendo destacables las UAs situadas en la vega y campiña sevillana y en la vega de Granada. Asimismo, para ilustrar con cifras la distribución superficial de las UAs, puede consultarse la Tabla 3. En ella, al igual que en la Figura 1, se pone también de manifiesto el peso de Andalucía sobre el regadío en la DHG dado que las 1.557 UAs andaluzas (97,1% del total) representan el 99,5% de la superficie regada de la demarcación.

Tabla 1. Características principales de los grupos obtenidos: medias y prueba ANOVA (F y p-valor) de cada variable.

Variable	C1	C2	C3	C4	C5	F	p-valor	Dif.
Superficie regable (ha)	322,6	1.279,4	467,4	218,1	1.078,8	21,3	0,000	C4=C1=C3<C5=C2
Superficie regada (ha)	284,7	1.233,5	455,6	177,3	1.023,0	21,7	0,000	C4<C1<C3<C5=C2
Número de regantes	131	224	131	148	44	4,6	0,001	C5=C1=C3=C4<C2
Antigüedad	1964	1977	1984	1955	1966	174,7	0,000	C4<C1=C5<C2<C3
% de sup. regada por superficie	61,3	7,2	5,0	75,0	96,1	569,2	0,000	C3=C2<C1<C4<C5
% de sup. regada por aspersión	15,9	48,1	3,1	3,8	3,5	282,7	0,000	C3=C5=C4<C1<C2
% de sup. regada por riego localizado	22,8	44,7	91,9	21,2	0,4	578,3	0,000	C5<C4=C1<C2<C3
Consumo de agua (m <sup>3</sup> /ha regada)	4.233	2.988	1.593	3.195	12.385	463,4	0,000	C3<C2=C4<C1<C5
Imputación por volumen (€/m <sup>3</sup> )	0,023	0,028	0,060	0,018	0,001	23,0	0,000	C5=C4=C2=C1<C3
Imputación por superficie (€/ha)	115,7	107,3	142,5	61,8	276,6	23,6	0,000	C4<C2=C1<C3<C5
% del agua de origen superficial	67,8	49,9	43,8	77,5	94,6	41,0	0,000	C3=C2<C1=C4<C5
% del agua de origen subterráneo	31,1	50,1	53,7	21,8	5,4	37,2	0,000	C5<C4=C1<C2=C3
% del agua de origen aguas reutilizadas	1,1	0,1	2,5	0,7	0,0	2,9	0,021	C5=C4=C2=C1<C3
% de cereales de invierno	17,4	31,1	2,4	13,9	0,6	159,3	0,000	C3=C5<C4=C1<C2
% de leguminosas	0,1	2,3	0,1	0,1	0,0	17,9	0,000	C5=C4=C3=C1<C2
% de tubérculos	1,4	0,4	0,8	0,3	0,3	2,0	0,090	C1=C2=C3=C4=C5
% de oleaginosas	8,7	9,4	0,3	0,3	0,4	92,7	0,000	C3=C4=C5<C1=C2
% de flores o plantas ornamentales	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,5	0,734	C1=C2=C3=C4=C5
% de forrajeras	4,3	2,2	0,5	3,8	0,8	19,2	0,000	C3=C5<C2<C4=C1
% de horticolas	7,4	6,1	2,4	31,8	0,4	169,9	0,000	C5=C3<C2=C1<C4
% de algodón	19,9	4,9	0,4	0,1	1,6	199,0	0,000	C3=C4=C5<C2<C1
% de remolacha	5,5	0,7	0,0	0,0	0,2	63,6	0,000	C2=C3=C4=C5<C1
% de maíz	14,7	1,4	0,3	0,7	0,2	240,9	0,000	C3=C4=C5<C2<C1
% de cítricos	2,2	14,5	0,6	0,5	0,0	75,9	0,000	C1=C3=C4=C5<C2
% de frutales	0,9	1,6	1,0	9,4	0,0	52,4	0,000	C1=C3=C2=C5<C4
% de vid	0,0	0,0	0,1	2,0	0,0	13,8	0,000	C1=C3=C2=C5<C4
% de olivar	11,5	20,1	88,9	24,1	0,0	845,3	0,000	C5<C1<C2=C4<C3
% de invernaderos	0,1	0,0	0,2	0,5	0,0	1,0	0,415	C1=C2=C3=C4=C5
% de arroz	0,3	0,2	0,0	0,0	91,3	12770,8	0,000	C1=C2=C3=C4<C5
% de almendros	0,1	0,0	0,6	1,7	0,0	5,0	0,001	C1=C3=C2=C5<C4
% de fresa	0,0	2,4	0,3	0,2	0,0	5,7	0,000	C1=C3=C4=C5<C2
% de forestales	3,7	0,0	0,3	8,2	0,0	38,1	0,000	C2=C3=C5<C1<C4
% de retirada	1,5	2,6	0,4	0,9	4,1	17,9	0,000	C3=C4<C1<C2=C5

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Regadíos de 2008.

Tabla 2. Importancia relativa de cada grupo respecto a las principales variables de superficie, el consumo de agua total, el número de regantes y el número de UAs.

Variables	C1 (%)	C2 (%)	C3 (%)	C4 (%)	C5 (%)	Total	
						%	ha*
Número de unidades de agregación	8,5	15,7	55,6	18,0	2,1	100,0	1.603
Superficie regable	5,0	36,5	47,2	7,1	4,2	100,0	883.004,9
Superficie regada	4,6	36,9	48,3	6,1	4,1	100,0	842.055,6
Número de regantes	7,6	23,9	49,7	18,1	0,6	100,0	235.623
Consumo de agua total	7,1	39,8	27,7	7,0	18,4	100,0	2.840
Sup. regada de olivar	1,0	18,5	77,5	3,0	0,0	100,0	466.677,1
Sup. regada de cereales de invierno	7,9	64,1	17,0	10,9	0,2	100,0	76.400,5
Sup. regada de algodón	16,9	76,4	5,9	0,1	0,7	100,0	52.672,4
Sup. regada de hortícolas	8,0	45,3	19,4	27,0	0,3	100,0	43.563,5
Sup. regada de cítricos	3,5	88,6	6,9	1,1	0,0	100,0	38.712,1
Sup. regada de arroz	1,1	3,3	0,0	0,0	95,6	100,0	34.049,2
Sup. regada de oleaginosas	10,3	82,8	5,0	1,0	0,9	100,0	29.830,3
Sup. regada de frutales	2,5	60,5	16,0	21,0	0,0	100,0	19.809,2
Sup. regada de maíz	26,3	59,7	8,5	5,3	0,1	100,0	18.481,8
Sup. del resto de cultivos	9,5	52,6	17,9	17,8	2,1	100,0	61.859,5

\* Excepto "Número de UAs", "Número de regantes" y "Consumo de agua total", esta última en Hm<sup>3</sup>.

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Regadíos de 2008.

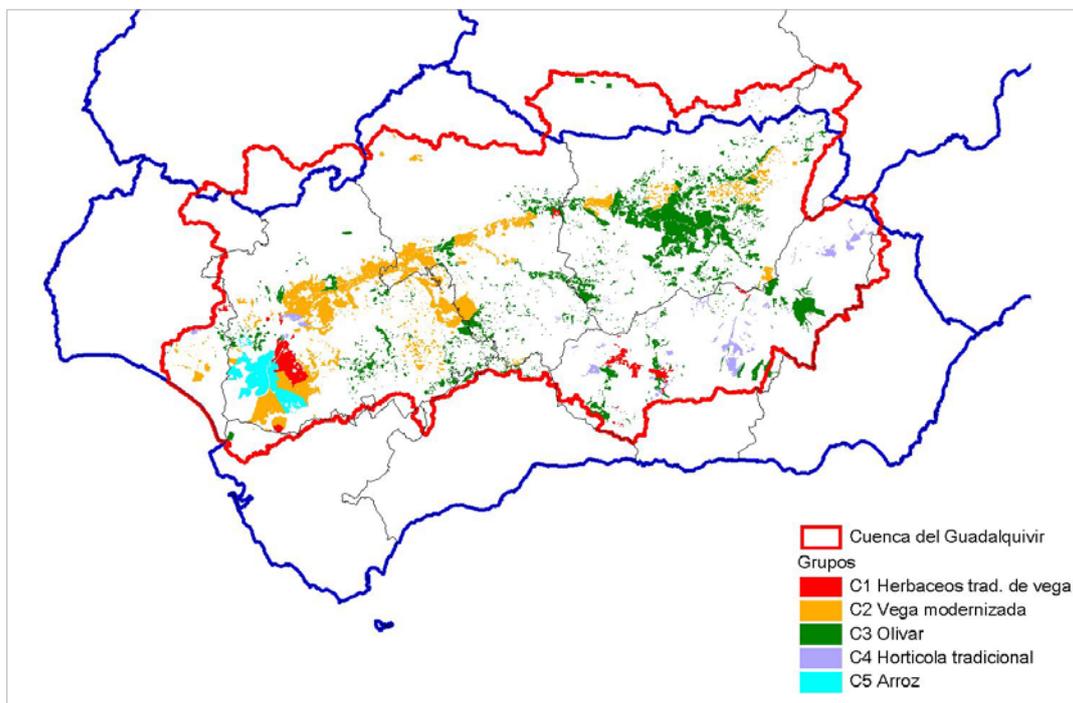


Figura 1. Distribución de los grupos de unidades de agregación de la DHG.

Tabla 3. Superficie regada de los grupos por comarcas y provincias\* (ha y %)

Región	C1-Herbáceos tradicionales de vega		C2-Campiña modernizada		C3-Olivar		C4-Hortícola tradicional		C5-Arroz		Total (ha)
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
Almería	0,0	0	0	0	0	0	255	0	0	0	255
Cádiz	735	2	6	0	259	0	0	0	0	0	1.000
Córdoba	3.546	9	66.851	22	41.216	10	2.838	6	0	0	114.451
Granada	9.842	25	2.461	1	59.265	15	34.680	68	0	0	106.248
Huelva	725	2	5.196	2	3.955	1	862	2	0	0	10.738
Jaén	8.339	21	51.918	17	223.649	55	6.530	13	0	0	290.436
Málaga	0	0	282	0	6.660	2	352	1	0	0	7.294
Sevilla	15.815	41	183.740	59	69.724	17	3.748	7	34.782	100	307.809
<b>Andalucía</b>	<b>39.002</b>	<b>100</b>	<b>310.454</b>	<b>100</b>	<b>404.727</b>	<b>100</b>	<b>49.266</b>	<b>96</b>	<b>34.782</b>	<b>100</b>	<b>838.232</b>
Otras CC.AA.	0	0	394	0	1.626	0	1.803	4	0	0	3.824
<b>D.H. del Guadalquivir</b>	<b>39.002</b>	<b>100</b>	<b>310.849</b>	<b>100</b>	<b>406.354</b>	<b>100</b>	<b>51.069</b>	<b>100</b>	<b>34.782</b>	<b>100</b>	<b>842.056</b>

\* Dado que existen unidades de agregación que pertenecen a varios municipios, se ha asignado cada unidad de agregación al municipio que presenta una mayor superficie regada.

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario de Regadíos de 2008.

### 3.1.- Grupo C1-Herbáceos tradicionales de vega

El grupo *C1-Herbáceos tradicionales de vega* es un grupo pequeño. De hecho, es el segundo menos numeroso, con 137 UAs (el 8,5% del total), y también el segundo menos extenso, con 39.002 ha de superficie regada (4,6% del total regado en la DHG). En la línea de estas discretas dimensiones se encuentra también su superficie media por UA, igual a 284,7 ha regadas.

Resulta ser un grupo bastante disperso geográficamente, si bien parece concentrarse en mayor medida en terrenos de vega, ya sea del Guadalquivir o del Genil. Se distribuye fundamentalmente entre Sevilla (41% de la superficie regada), Granada (25%) y Jaén (21%). Por comarcas destacan La Vega de Granada (21%), La Campiña y La Vega de Sevilla (15 y 14 % respectivamente) y, en menor medida, Campiña del Norte de Jaén (9%) y Campiña Baja de Córdoba (8%).

Presenta a su vez un carácter marcadamente tradicional. Ello se pone de relieve en la antigüedad que presentan sus UAs (48 años, segundo grupo más antiguo) y en el uso que realizan del agua. Así, las UAs que componen este grupo presentan un consumo de agua notable, en concreto de 4.233 m<sup>3</sup>/ha regada, siendo el segundo grupo en este aspecto, sólo por detrás del *C5-Arroz*. Este hecho es debido básicamente a que están poco modernizadas, lo cual ilustra el elevado peso del riego por superficie (61,3%). Usan en su mayoría aguas superficiales, en concreto el 67,8% del agua utilizada, mientras que el resto es subterránea. Asimismo, el importe pagado por el agua es ciertamente reducido, de 0,050 €/m<sup>3</sup> (obtenido de agregar lo pagado volumétricamente, 0,023 €/m<sup>3</sup>, y por superficie, 115,7 €/ha).

Este grupo presenta además una considerable diversidad de cultivos. Así, ningún cultivo supera el 20% de la superficie regada del grupo. Sus cultivos más destacables son cultivos herbáceos como el algodón (19,9%), cereales de invierno (17,4%) y el maíz (14,7%). Otros cultivos importantes, aunque de menor relevancia que los citados, son: olivar (11,5%), oleaginosas (8,7%), hortícolas (7,4%) así como remolacha (5,5%). En definitiva, se trata de cultivos que caracterizan las zonas de vega y campiña de la DHG.

### 3.2.- Grupo C2-Campiña modernizada

El grupo *C2-Campiña modernizada* es un grupo extenso. Así, las 252 UAs (15,7%) que lo componen suman una superficie regada de 310.849 ha (36,9% del total en la DHG), lo cual le lleva a ser el segundo grupo en cuanto a superficie, justo por detrás del *C3-Oliver*.

Al contrario que el *C1*, este grupo presenta una menor dispersión geográfica. Así, es en la vega y en la campiña del Guadalquivir donde básicamente se extiende este grupo. Por provincias, destaca Sevilla con el 59% de la superficie regada mientras que, más alejadas, aparecen Córdoba (22%) y Jaén (17%). En lo que respecta a las comarcas, tres son las que destacan: La Campiña de Sevilla (39% de la superficie regada) y, en menor medida, La Vega de Sevilla y la Campiña Baja de Córdoba (ambas con el 16%). Como se puede apreciar, estas tres comarcas representan más del 70% de la superficie regada total del grupo.

Uno de los aspectos que mejor definen al grupo *C2* es la modernización que presentan sus UAs, aspecto en el que también difiere del *C1*. En efecto, son UAs relativamente recientes (año de creación, 1977, segundas más nuevas), quizá por ello más del 90% de la superficie regada está modernizada utilizando bien riego por aspersión (48%) bien riego localizado (45%). Asimismo, el efecto de la modernización se deja ver en el consumo medio por hectárea, dado que éste no alcanza los 3.000 m<sup>3</sup>/ha, lo cual es estimable teniendo en cuenta los cultivos que lo caracterizan. Respecto al origen del agua de riego, destacan a partes iguales el origen superficial y el subterráneo. No obstante, a pesar de que el grupo *C2* difiere del *C1* en estas variables, el precio pagado por el recurso es parecido (0,064 €/m<sup>3</sup>), no existiendo diferencia estadísticamente significativa ni respecto a la imputación por volumen (0,028 €/m<sup>3</sup>), ni respecto a la imputación por superficie (107 €/ha).

Asimismo, el grupo *C2* destaca por presentar una amplia variedad de cultivos. Así, se caracteriza por cultivos tales como los cereales de invierno (que suponen el 31,1% de su superficie regada), el olivar (20,1%), los cítricos (14,5%) y, de manera más subsidiaria, las oleaginosas (9,4%) y los hortícolas (6,1%). Observando además el peso de los agregados (ver Tabla 2) este grupo aglutina la gran mayoría de la superficie regada de cítricos (89%), oleaginosas (83%), remolacha (81%), algodón (76%), leguminosas (74%), fresas (66%) y de cereales de invierno (64%).

### 3.3.- Grupo C3-Oliver

Lo que más caracteriza al grupo *C3-Oliver* es la clara predominancia de este cultivo, que supone el 88,9% de su superficie regada (que reúne a su vez el 77,5% del total de olivar de regadío de la DHG). Además, el *C3* es, con mucho, el grupo más numeroso (892 UAs), suponiendo el 56% del total de UAs de la DHG. Igualmente, es también el que cuenta con una mayor superficie 406.354 ha, lo que supone el 48% del total de la demarcación.

Como cabía esperar, Jaén es la provincia que mayor porcentaje presenta de UAs dentro de este grupo (55%), mientras que el resto se reparte entre Sevilla (17%), Granada (15%) y Córdoba (10%). Entre comarcas, las tres principales por superficie, La Loma, Campiña del Norte y Mágina, todas ellas de Jaén, representan respectivamente el 14, 9 y 8% de la superficie regada de este grupo.

En muchos aspectos se puede hablar de que se trata de un grupo de nueva creación. En efecto, hace escasamente dos décadas, el olivar suponía un cultivo secundario en lo que se refiere a superficie de regadío y, sobre todo, a consumo de agua. Sin embargo, el intenso proceso de expansión y modernización sufrido a lo largo de ese período ha desembocado en que se haya convertido en el principal cultivo de regadío de la DHG, tanto por superficie como por consumo total de agua. Buena parte de esta expansión se ha producido en UAs muy recientes, las más recientes de hecho entre los cinco grupos (año de creación en 1984). Así, se ha aprovechado para emplear técnicas modernas para la producción en regadío, representando el riego localizado más del 90% de la superficie regada de este grupo.

Evidentemente, el grupo *C3-Oliver* presenta un escaso consumo medio por hectárea, igual a 1.593 m<sup>3</sup>/ha. El origen del agua es subterráneo en un 53,7%, aunque el superficial también supone una proporción importante (43,8%). Dada la predominancia de las aguas subterráneas, no es de extrañar que el *C3* sea el grupo que mayor precio por m<sup>3</sup> presenta, en concreto de 0,150 €/m<sup>3</sup> (los cuales, 0,060 €/m<sup>3</sup> son imputados por volumen, máximo entre los cinco grupos, y el resto corresponde a superficie, también alto e igual a 142,5 €/ha).

#### 3.4.- Grupo *C4-Hortícola tradicional*

El grupo *C4-Hortícola tradicional* presenta 288 UAs (18%) que suman un total de 51.069 ha de regada (6,1%). Se trata por tanto del segundo grupo por número de UAs pero el tercero en extensión, muy alejado de los dos primeros. Como consecuencia, su superficie media por UA es la menor entre los 5 grupos (177 ha/UA).

Se trata de un grupo que se concentra considerablemente en la provincia de Granada. Así, el 68% de la superficie regada del grupo pertenece a esta provincia, mientras que le siguen muy alejadas Jaén (13%) y Sevilla (7%). Por comarcas, destacan Guadix (26%), De la Vega (16%), Baza (11%) e Iznalloz (10%), que además concentran casi toda la superficie regada de Granada perteneciente a este grupo.

El *C4* presenta las UAs más antiguas, con 67 años de media (año de creación, 1955). Asimismo, su carácter tradicional se ve reforzado por la importancia del riego por superficie, que supone el 75% de la superficie regada utilizando aguas superficiales fundamentalmente (77,5%). El consumo de agua medio por hectárea se sitúa en 3.195 m<sup>3</sup>/ha y el precio pagado por hectárea resulta ser bastante bajo, con 0,037 €/m<sup>3</sup> (imputados en magnitud similar por volumen, 0,018 €/m<sup>3</sup>, y por superficie, 61,8 €/ha).

Por cultivos, son los hortícolas los principales del grupo *C4*, representando 31,8% de su superficie regada. Otros cultivos importantes son el olivar, con 24,1%, los cereales de invierno, con 13,9%, y los frutales, con 9,4%, así como los usos forestales que representan el 8,2% de la superficie regada. Asimismo, conviene comparar los porcentajes de superficie de cada cultivo correspondientes a este grupo frente a los del resto de grupos. Así, el grupo *C4* presenta un porcentaje de superficie regada significativamente superior al del resto de grupos para los siguientes cultivos: hortícolas, vid, frutales, almendros y forestales.

#### 3.4.- Grupo *C5-Arroz*

El grupo *C5-Arroz* es, junto al *C3-Oliver*, el grupo que más claramente queda definido por la predominancia de un cultivo, dado que el arroz representa el 91,3% de su superficie regada. Por ello, las variables que lo caracterizan son también las que caracterizan a dicho cultivo, es decir, elevado consumo de agua por hectárea, riego por superficie y uso de aguas superficiales, entre otros.

No debe extrañar, por tanto, que sea el menos numeroso de los cinco, con apenas 34 UAs, ni que sea el menos extenso, con una superficie 34.782 ha de regada. Ello resulta en una la superficie media por UA elevada, ligeramente superior a 1.000 ha/UA.

Como podía esperarse, toda la superficie regada se concentra en la provincia de Sevilla, en particular en la comarca de Las Marismas (80%) y, en menor medida, en La Campiña (19%).

Son UAs relativamente antiguas, presentando 1966 como año medio de creación. Como se ha apuntado previamente, predomina el riego superficial (96,1% de la superficie regada), el uso de aguas superficiales (94,6%) y presenta un consumo medio por hectárea muy elevado (12.385 m<sup>3</sup>/ha). Este último dato resulta destacable dado que es al menos tres veces superior a la media de cualquiera de los otros grupos. Así, no debe sorprender que la imputación del precio del agua sea fundamentalmente por superficie, igual a 276,6 €/ha, y que prácticamente no se realice imputación alguna por volumen (0,001 €/m<sup>3</sup>). Debido al elevado consumo de agua por

hectárea, el precio agregado por m<sup>3</sup> resulta ser 0,023 €/m<sup>3</sup>, el más bajo entre los 5 grupos.

#### 4.- Conclusiones

El importante cambio que ha experimentado el regadío en la DHG en los últimos tiempos hace necesario actualizar el conocimiento de las características estructurales de las unidades de gestión que la componen, máxime en una demarcación deficitaria como ésta. De hecho, se puede afirmar que los cinco grupos obtenidos muestran una realidad del regadío en la demarcación sensiblemente distinta a la que se podría mostrar dos décadas atrás.

Así, es presumible que tanto la irrupción del olivar en el regadío de la demarcación como los intensos procesos de modernización realizados en la misma hayan polarizado los cambios ocurridos en las zonas regables, como refleja su papel predominante en la tipología aquí propuesta. Ello se simboliza en particular en los grupos *C3-Olivar* y *C2-Campiña modernizada*, que revelan la notable intensidad de estos cambios, dado que ambos agrupan a la gran mayoría de las UAs de la DHG y concentran el 85% de su superficie regada.

En concreto, el C3 es un fiel reflejo de lo apuntado dado que, aparte de estar plenamente asociado al olivar, se compone de las UAs de más reciente creación, que emplean casi exclusivamente el riego localizado como sistema de riego y usan aguas subterráneas de forma mayoritaria. Asimismo, en el C2 predominan los sistemas de riego por aspersión y localizado, a partes iguales, lo cual le permite consumir menos de 3.000 m<sup>3</sup>/ha. El origen del agua se reparte entre superficial y subterráneo (50% por cada origen) y, al contrario que el C3, presenta una elevada diversidad de cultivos, destacando cereales de invierno, cítricos y olivar.

El resto de grupos muestra un carácter más tradicional, no en vano sus UAs fueron creadas antes que las de C2 y C3. En concreto, el *C1-Herbáceos tradicionales de vega* aglutina en cierta medida las UAs de vega que todavía no se han modernizado, predominando en él los cultivos herbáceos tradicionales de estas zonas. El *C4-Hortícola tradicional* comparte con el anterior la escasa modernización de sus UAs con la peculiaridad de que se localizan mayoritariamente en Granada y de que los cultivos predominantes son los hortícolas. Por su parte, el *C5-Arroz* se identifica claramente con el arrozal de las marismas del Guadalquivir, cuyas UAs se caracterizan por un uso intensivo del agua, riego por gravedad y uso de aguas superficiales.

En definitiva, se puede concluir que la tipología de zonas regables aquí propuesta resulta de interés, por cuanto muestra grupos internamente homogéneos y diferentes entre sí. De esta forma, puede servir como base informativa para una mejor gestión de los recursos de la demarcación. Se revela, por lo tanto, como una herramienta útil para su empleo en análisis dirigidos al apoyo de toma de decisiones, básicamente relativas a políticas públicas (tanto hidrológica como agraria) que se orienten en la dirección de la mejor gobernanza del regadío en la DHG.

#### Referencias

- Berbel J., Kolberg S. y Martín-Ortega J., 2012. Assessment of the Draft Hydrological Basin Plan of the Guadalquivir River Basin (Spain). *International Journal of Water Resources Development* 28(1): 43-55.
- Bryant F.B. y Yarnold P.R., 1995. Principal Component Analysis and Exploratory and Confirmatory Factor Analysis. En: *Reading and Understanding Multivariate Statistics*. L. G. American Psychological Association, Washington.
- CAP – Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, 2011. *Inventario de regadíos 2008 y su evolución en la última década*. Disponible en: <http://www.cap.junta-andalucia.es>. Consultado: 7/3/2012.

- Carrasco J.M., Pistón J.M. y Berbel, J., 2010. Evolución de la productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir 1989-2005. *Economía Agraria y Recursos Naturales* 10(1): 59-69.
- CHG – Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, 2010. *Esquema de Temas Importantes* (ETI). Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.
- Díaz de Rada V., 1998. Diseño de tipologías de consumidores mediante la utilización conjunta del análisis cluster y otras técnicas multivariantes. *Revista de Economía Agraria* 182: 75-104.
- Gómez-Limón J. A. y Arriaza M., 2011. *Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía*. Analistas Económicos de Andalucía, Málaga.
- Gorsuch S.J., 1983. *Factor analysis*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Gutiérrez C., Martín -Ortega J., y Berbel J., 2008. Situación y tendencias del uso agrícola del agua en la cuenca del Guadalquivir. *Revista de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 202: 163-176.
- Hatcher L., 1994. *A step-by-step approach to using the SAS system for factor analysis and structural equation modeling*. Focus on the CALIS procedure. SAS Institute, Cary (NC).
- Jung Y., Park H., Du D., Drake B.L., 2003. A decision criterion for the optimal number of clusters in hierarchical clustering. *Journal of Global Optimization* 25: 91–111.
- Martín-Ortega J., Gutiérrez C. y Berbel J., 2008. Caracterización de los usos del agua en la Demarcación del Guadalquivir en aplicación de la Directiva Marco del Agua. *Revista de Estudios Regionales* 81: 45-76.
- Martín-Ortega J., 2011. Análisis estratégico del sector hídrico en Andalucía. *Revista de Estudios Regionales* 92: 147-172.
- Nunnally J.C., 1978. *Psychometric theory*. McGraw-Hill, Nueva York.
- Rodríguez-Díaz J. A., Camacho-Poyato E., López-Luque R. y Pérez-Urrestarazu L., 2008. Benchmarking and multivariate dat análisis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: An application in Spain. *Agricultural Systems* 96: 250–259.
- Rodríguez Ocaña A., Arriaza M. y Blanco Martínez R., 2004. Delimitación de unidades territoriales homogéneas de regadío en Andalucía. *XXII Congreso Nacional de Riegos*, Logroño.
- Testi L., Orgaz F., Argüelles A. y Cifuentes V.J., 2009. Riego. En: Gómez Calero J.A. (ed.) *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*. Consejería de Agricultura y Pesca - Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 21-44.