

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS VALORES OBTENIDOS (M. de Penman) EN LAS DOTACIONES DE RIEGO DE LAS CINCO CUENCAS DE LA «ESPAÑA SECA»

HERMINIO CASTILLO HERNANDO (*)

RESUMEN. La trascendental importancia que tiene el consumo de agua por las plantas cultivadas bajo riego, para la planificación hidráulica de España, conlleva la realización de estudios que determinen, de la manera más aproximada posible, la cuantificación de las dotaciones teóricas de riego que permitan obtener producciones óptimas.

Por ello, la División de Regadíos del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (MOPT), mediante sucesivos convenios suscritos con la Dirección General de Obras Hidráulicas, está poniendo al día los cálculos que el CEH tenía elaborados hace más de veinte años para todas las cuencas hidrográficas. Habiendo terminado ya estos trabajos para las cuencas del Guadalquivir, Sur, Segura, Guadiana y Júcar, que constituyen la llamada «España seca», se trata en este artículo de exponer los resultados hallados de las dotaciones netas de la hectárea representativa, por grupos de cultivos y por zonas y subzonas en que, a efectos de estudio, se han dividido dichas cuencas.

Se efectúa una breve descripción de la metodología empleada, así como un sucinto análisis de los resultados obtenidos, comparándolos por grupos de cultivo entre cuencas y, en determinados casos, entre zonas dentro de una misma cuenca.

Para su mejor comprensión se acompañan cuadros y gráficos que permiten apreciar visualmente las diferencias existentes entre los componentes del grupo de estas cinco cuencas a las que nos referimos.

ABSTRACT. The vital importance that water means to hydraulic planning for crops cultivated under irrigation, requires a series of studies to determine as exactly as possible, the theoretical amount of water needed to achieve maximum yield.

With a view to this, the Irrigation Division at the Hydrographic Studies Center (CEH) of the CEDEX (MOPT), through a series of agreements with the Hydraulic Works General Direction, is updating the calculations that the CEH prepared 20 years ago for all the hydrographic basins. Now that the information for the Guadalquivir, Sur, Júcar, Segura and Guadiana Basins, «Dry Spain», has been completed, the results are published with the net quotas for the representative Hectar, by groups according to crops and according to the zones and subzones into which the basins have been divided.

There is also a brief description of the methodology used and a succinct analysis of the results, there being an interbasin comparison by crop groups and, in some cases, between different zones within the same basin.

Tables and graphs are provided so that the differences between the components of this group of five basins can be better understood.

INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Con el título de «Necesidades hídricas de los cultivos en los planes de regadío integrados en la cuenca del...», el

Centro de Estudios Hidrográficos elaboró, y publicó en 1967, los trabajos correspondientes a las diez cuencas peninsulares.

La aplicación de nuevas metodologías, resultado de múltiples experimentaciones y estudios efectuados a nivel mundial, la mayor fiabilidad y posibilidad de disponer de los datos básicos iniciales, así como la rapidez en obtener resultados a través del tratamiento informático

(*) Doctor Ingeniero Agrónomo y Economista. Jefe de la División de Regadíos del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (MOPT).

sobre una casi ilimitada cantidad de datos, hace necesario y viable la actualización de aquellos trabajos y además concebirllos con una mayor amplitud y rigor.

Estas circunstancias, unidas a la cada vez mayor importancia que tienen, y tendrán más en el futuro, los temas relacionados con el agua, su escasez y la consecuente tendencia a evitar su despilfarro, aplicando métodos que fomentan su ahorro, han llevado de nuevo al Centro de Estudios Hidrográficos, más de veinte años después, a realizar los trabajos correspondientes que coadyuven a la sensibilización con estos temas referentes al ahorro del agua mediante su adecuado uso y consumo.

Así, entre julio de 1988 y finales de 1990, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (MOPU) ha publicado los trabajos referidos a las cuencas del Guadalquivir, Sur, Segura, Guadiana y Júcar, bajo el título «Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del...». La elaboración de estos trabajos ha sido efectuada en la División de Regadíos del CEH cumpliendo los requisitos exigidos al CEDEX en los convenios que éste ha suscrito con la Dirección General de Obras Públicas del MOPU, para el desarrollo de dichos trabajos.

Las cinco cuencas mencionadas constituyen, casi en su totalidad, lo que ha dado en llamarse la «España seca», abarcando un total de superficie que representa más del 41 % de la total peninsular. Los trabajos realizados para cada una de las cuencas constan de una Memoria descriptiva de la metodología aplicada para la obtención de cada uno de los parámetros que intervienen en el cálculo de las dotaciones, ET_0 , selección y agrupación de la dedicación productiva, K_c , ET_c , P_c , A_0 , ..., etc., incluyéndose tablas resumen de las dotaciones de la «hectárea representativa», de los caudales punta, gráficos de los coeficientes de cultivo (K_c) y un plano-mapa de la ubicación de las zonas de regadío actuales y futuras, además de otros datos intermedios necesarios para la obtención de los parámetros principales indicados.

Además de la Memoria, también para cada cuenca se incluyen los anejos correspondientes a la metodología utilizada, Penman y Blaney-Criddle modificados (Anejo I y Anejo II, respectivamente), que son los recomendados por la FAO en su publicación denominada «Las necesidades de agua de los cultivos» (J. Doorembos y W. O. Pruitt), junto a los métodos de radiación y de tanque de evaporación. Para la cuenca del Guadalquivir se ha elaborado también un Anejo III con el método de tanque evaporimétrico, en aquellas zonas donde ha sido posible la disponibilidad de los datos correspondientes.

En los anejos se describe secuencialmente el proceso de elaboración desde la información básica inicial hasta la obtención de las dotaciones de los cultivos individualizados y de sus agrupaciones, así como los de la hectárea representativa de cada zona y subzona en que se ha dividido cada cuenca para su estudio.

OBJETIVO

En este artículo se trata de exponer, describir y analizar, aunque no de manera exhaustiva, los resultados obtenidos en el cálculo de las dotaciones netas de la hectárea representativa de grupos de cultivos, en cada una de las cinco cuencas que constituyen la llamada «España seca».

Los valores que se exponen en las tablas que se incluyen en este artículo corresponden a los resultados hallados mediante la «metodología Penman», que son a los que en párrafos precedentes se indicaba que forman parte, en cada cuenca, de los Anejos I y de la Memoria en la que se describe esta metodología. Se pretende, en otro artículo próximo, hacer lo mismo con los resultados de la «metodología Blaney-Criddle», cuya información principal está contenida en los Anejos II, y una comparación entre los valores obtenidos por ambos procedimientos.

Las referencias a los valores de dotaciones de las cinco cuencas objeto de este sucinto análisis, se hace a través de una tabla de «Dedicación productiva», en la que se desglosa para cada una de las cuencas la superficie de cada cultivo, así como sus porcentajes de representatividad dentro de su grupo y del total de la superficie de la cuenca. En otro grupo de tablas, el de «Dotaciones netas», se expone, para cada una de las cuencas, los valores de las dotaciones de la hectárea representativa de cada grupo de cultivos, como general de la cuenca y como total y parcial de la zona y subzona si la hubiera, respectivamente. Se incluye también en estas tablas la información precedente a las anteriores en relación con la superficie de cada grupo de cultivo en cada zona y subzona.

En las tablas resumen en las que se recogen los valores de las dotaciones netas medias de la hectárea representativa en todas las cuencas y las superficies consideradas para cada una, así como sus correspondientes gráficos de líneas y barras, es donde básicamente se analizarán los resultados, para cuya comprensión más rápida servirán las tablas descriptas de «Dedicación productiva» y de «Dotaciones netas».

De la comparación de los valores de los mismos grupos de cultivos para cuencas diferentes, así como dentro de una misma cuenca, la dispersión de valores entre grupos, es de donde se pueden extraer consecuencias de los usos y consumos del agua, dando la posibilidad de deducir conclusiones que mejoren el uso del agua empleada en nuestros regadíos, y el fomento de un potencial ahorro, ya desde la fase de su planificación.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CUENCAS

El croquis de la página anterior refleja la ubicación de las cuencas peninsulares, apreciándose la situación más meridional de las cinco cuencas que constituyen la «España seca».

Los valores medios de precipitación de todas las cuencas hidrográficas para determinados años, así

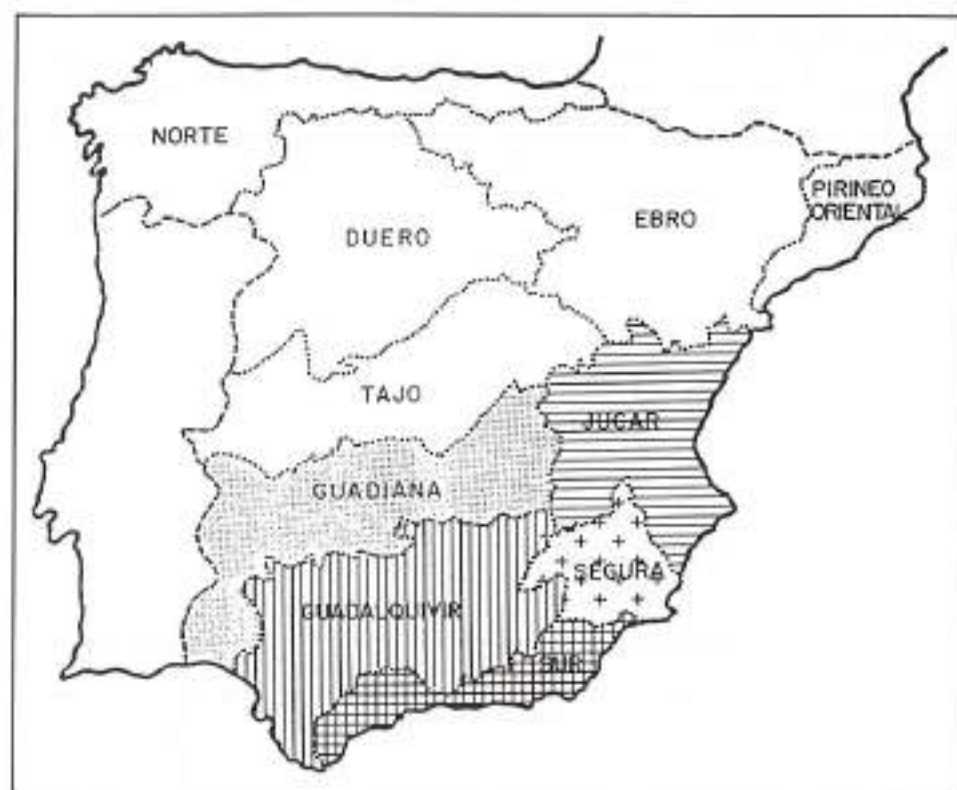


FIGURA 1. Croquis de las cuencas hidrográficas de la "España seca".

como la superficie que comprende cada una, figuran en la tabla 1, donde puede apreciarse en los valores medios del período 1943-1970, la caracterización de «secas» de las cuencas objeto de este estudio, en comparación con las demás, con excepción de la cuenca del Guadalquivir, que muestra unos valores muy irregulares, considerándose parte de ella como «seca» pero con zonas de pluviosidad superior a la de la media de otras cuencas, como pueden ser la del Ebro, Tajo o Duero para determinados períodos.

En la tabla 2 se muestran los valores de la capacidad de embalse de todas las cuencas en los años 1940-50-60-70-80, así como en los de 1986 y 1987, y los volúmenes embalsados al final de cada uno de ellos.

Las superficies de cultivos en regadío de cada una de las cuencas, que ha servido de base para el estudio de las dotaciones, figuran en la tabla 3, en el apartado siguiente, por grupos de cultivos y relacionándose para cada cuenca desglosados por cultivos con sus porcentajes de representatividad, en relación a su grupo y al total de la cuenca.

DOTACIONES NETAS DE LA HECTAREA REPRESENTATIVA

Los valores que van a ser comparados entre las cinco cuencas a las que nos estamos refiriendo son los obtenidos para las dotaciones netas de la hectárea representativa.

Se han obtenido dos valores de dotaciones netas de la «hectárea representativa», y a partir de ellos, todos los demás: la correspondiente al «Grupo de cultivos» y la que representa a una «Zona regada».

Por «hectárea representativa» de un Grupo de cultivos en una determinada zona regada, se entiende a aquella que presenta una distribución superficial de cultivos, proporcional a la que corresponde al citado Grupo en la zona regada de referencia.

En cuanto a «hectárea representativa» de una Zona regada, es aquella que presenta una distribución superficial de cultivos proporcional a la superficie de la zona en cuestión.

Los valores referidos a la hectárea representativa de un grupo de cultivos para el conjunto de una cuenca, nos da el valor medio ponderado para ese grupo de cultivos, en cada zona según las superficies de éstos.

El valor de la dotación neta de la hectárea representativa de cada cuenca se obtiene a partir de los anteriores para cada grupo de cultivos, hallando la media ponderada según la superficie de cada grupo en el total de la cuenca considerada.

Con objeto de ver cuáles son los grupos de cultivos formados, homogéneos para todas las cuencas, así como el desglose de cada grupo, la participación porcentual de la superficie de cada cultivo respecto a su grupo y al total de la cuenca que ha servido de base para la definición de la «hectárea representativa», se incluye la ta-

HIDRAULICA E HIDROLOGIA

CUENCA	SUPERFICIE (km ²)	MEDIA PERIODO 1943-70		1970 (mm)	1975 (mm)	1980 (mm)	1984 (mm)	1985 (mm)	1986 (mm)	1987 (mm)
		(mm)	MILLONES (m ³)							
NORTE	53.913	1.421	76.610	1.160	1.238	1.232	1.299	1.219	1.270	1.042
DUERO	78.972	659	52.043	489	523	442	531	401	405	555
TAJO	55.769	685	38.202	527	545	408	450	369	369	480
GUADIANA	59.873	581	34.786	485	468	314	550	359	335	516
GUADALQUIVR	63.085	645	40.690	591	502	317	642	479	394	640
SUR	18.391	560	10.299	615	442	299	514	226	305	462
SEGURA	18.631	328	6.111	195	381	332	185	311	286	238
JUCAR	42.904	514	22.053	339	568	341	350	320	374	362
EBRO	86.139	631	54.354	489	639	426	450	355	393	444
PRINEO ORIENTAL	16.493	719	11.858	629	700	408	744	488	524	689
TOTAL	494.170	702	347.006	565	616	472	586	469	476	559

TABLA 1. Precipitación: lluvia media y total por cuencas hidrográficas en la España peninsular.

FUENTE: Instituto de Hidrología (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). A partir de 1983 Centro de Estudios Hidrográficos.

CUENCA	1940		1950		1960		1970		1980		1986		1987	
	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO	CAPA- CIDAD	VOLUMEN FIN DE AÑO
NORTE	35		127		1.861		3.334		4.201	2.260	4.260	1.905	4.260	2.981
DUERO	1.371		1.626		2.790		6.394		6.491	2.252	6.505	2.627	6.505	3.921
TAJO	341		370		3.285		9.390		10.509	4.933	10.794	4.373	10.802	6.274
GUADIANA	52		52		1.821		4.034		4.123	1.678	4.013	1.612	4.013	1.863
GUADALQUIVR	633		1.565		2.026		4.579		5.061	2.633	5.061	1.992	5.051	2.573
SUR	41		132		132		219		613	328	649	172	649	296
SEGURA	365		365		885		918		1.178	340	1.104	200	1.104	175
JUCAR	47		55		1.500		1.637		2.833	803	2.651	733	2.651	782
EBRO	729		1.323		3.204		5.886		6.581	4.228	6.304	3.187	6.304	4.257
PRINEO ORIENTAL	6		6		6		478		551	285	622	267	622	506
BALEARES	—		—		—		—		12	—	—	—	—	—
CANARIAS	—		—		5		10		48	—	—	—	—	—
TOTAL	3.620	s.d.	5.621	870	17.515	14.100	36.879	15.292	42.201	19.740	41.953	17.068	41.961	23.618

TABLA 2. Embalses. Capacidad de los mismos por cuencas y total. Volumen total de agua embalsado a fin de cada año (en millones de m³).

FUENTE: Ministerio de Obras Públicas. Servicio de Vigilancia de Presas.

NOTA: Se incluyen únicamente los embalses con capacidad superior a 5 Hm³; los embalses que aprovechan lagos naturales aparecen con el volumen de los lagos.

HIDRAULICA E HIDROLOGIA

CULTIVOS	C. DEL GUADALQUIVIR				C. DEL SUR				C. DEL SEGURA				C. DEL GUADIANA				C. DEL JUCAR			
	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE		S/GC	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE		S/GC	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE		S/GC	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE		S/GC	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE		S/GC
		S/T	S/GC			S/T	S/GC			S/T	S/GC			S/T	S/GC			S/T	S/GC	
C. EXTENSIVOS																				
ALGODON	31.090	7,1	11,4	0,1	116	0,1	0,4	0,4	8.286	4,5	20,7	0,0	119	0,0	0,1	0,0	500	0,2	0,6	0,6
ARROZ	24.367	5,6	8,9	0	0	0	0	0	212	0,1	0,5	2,4	5.861	2,4	3,7	0	15.948	4,2	17,1	17,1
CACAHUETE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	495	0,1	0,5	0,5
CANA DE AZUCAR	1.642	0,4	0,6	0	3.247	2,8	12,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CEREAL INV. GR.	56.782	12,0	20,7	7,8	8.999	32,9	32,9	28,9	11.569	6,3	28,9	16,6	44.294	16,6	27,7	16,6	21.485	5,7	23,0	23,0
CEREAL PRI. GR.	38.399	8,8	14,7	3,4	3.880	3,4	14,4	10,7	4.276	2,4	10,7	33,3	79.586	33,3	49,7	33,3	35.923	9,5	38,5	38,5
GRASOL	54.349	12,6	19,9	2,8	3.212	2,8	11,9	0	0	0	0	6,3	14.945	6,3	9,3	6,3	7.327	1,8	7,9	7,9
LEGUMINOSAS	7.062	1,6	2,6	0,7	840	0,7	3,1	1,9	742	0,4	1,9	0,3	685	0,3	0,4	0,3	1.603	0,4	1,7	1,7
PATATA TEMPORAL	9.180	2,1	3,3	2,2	5.120	4,5	19,0	10,2	4.092	2,2	10,2	0,2	442	0,2	0,3	0,2	4.188	1,1	4,5	4,5
PATATA MEDIA EST.	5.392	1,2	2,0	4,3	1.363	1,0	4,3	6,8	2.624	1,5	6,8	1,1	2.646	1,1	1,7	1,1	2.169	0,6	2,4	2,4
PATATA TARDIA	3.249	0,8	1,2	0,1	100	0,1	0,4	0	2.355	1,3	5,9	0,7	1.562	0,7	1,0	0,7	2.171	0,6	2,3	2,3
PIMENTO PIMENTON	0	0	0	0	0	0	0	0	5.519	3,0	13,8	0	0	0	0	0	400	0,1	0,4	0,4
REMOLACHA AZUCARERA	37.202	8,5	13,6	0,4	435	0,4	1,6	0,6	251	0,1	0,6	3,9	9.428	3,9	5,8	3,9	576	0,2	0,6	0,6
SOJA	2.162	0,5	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0,0	0,0	0	0	0	0	0
TABACO	2.815	0,6	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	404	0,2	0,3	0	418	0,1	0,5	0,5
TOTAL	273.691	62,8	100,0	23,6	27.012	23,6	100,0	100,0	39.996	21,8	100,0	67,0	160.005	67,0	100,0	100,0	93.301	24,6	100,0	100,0
C. HORTICOLAS																				
AICACHOA	955	0,2	2,6	1,3	1.502	1,3	13,2	19,9	6.476	3,5	19,9	0,0	52	0,0	0,2	0,0	9.058	2,4	18,4	18,4
CRUCIFERAS	1.570	0,4	4,2	0,1	110	0,1	1,0	0	315	0	0	0,1	0	0,1	0,0	0	2.493	0,7	5,1	5,1
CURCUBITACEAS	9.455	2,2	25,4	0,3	325	0,3	2,9	2,4	8.917	4,9	27,4	7,0	16.696	7,0	69,3	7,0	6.963	1,8	14,1	14,1
HORTICOLAS B. B.	8.085	1,9	21,7	1,5	1.731	1,5	15,3	9,2	3.002	1,6	9,2	1,3	3.214	1,3	9,5	1,3	11.016	2,9	22,4	22,4
HORTICOLAS FR.	9.967	2,3	26,7	3,1	3.499	3,1	30,8	3,4	6.188	3,4	19,0	4,5	10.799	4,5	31,8	4,5	9.526	2,5	19,3	19,3
HORTICOLAS H. T.	3.548	0,9	9,5	1,0	1.171	1,0	10,3	1,9	3.533	1,9	10,8	0,6	1.524	0,6	4,5	0,6	5.603	1,5	11,4	11,4
ADJAS, HAR., GUIL VERDES	3.707	0,9	9,9	2,6	3.010	2,6	26,5	2,5	4.475	2,5	13,7	0,5	1.272	0,5	3,8	0,5	4.558	1,2	9,3	9,3
TOTAL	37.296	8,7	100,0	9,9	11.348	9,9	100,0	100,0	32.591	17,8	100,0	14,2	33.872	14,2	100,0	100,0	49.247	13,0	100,0	100,0
C. FORRAJEROS																				
ALFALFA	16.332	3,7	61,2	6,7	7.608	6,7	72,2	6,0	10.911	6,0	86,5	8,3	19.742	8,3	88,3	8,3	7.407	2,0	68,4	68,4
CEREAL INV. FORR.	0	0	0	0,9	99	0,9	9,9	0,3	495	0,3	3,9	0,6	1.390	0,6	6,2	0,6	537	0,1	5,0	5,0
CEREAL PRI. FORR.	7.701	1,8	28,9	1,4	1.632	1,4	15,5	0,5	987	0,5	7,8	0,4	1.045	0,4	4,7	0,4	1.034	0,3	9,5	9,5
RAICES	2.653	0,6	9,9	0,2	261	0,2	2,4	0,1	224	0,1	1,8	0,1	179	0,1	0,8	0,1	1.855	0,5	17,1	17,1
TOTAL	26.686	6,1	100,0	9,2	10.541	9,2	100,0	100,0	12.617	6,9	100,0	9,4	22.356	9,4	100,0	100,0	10.823	2,9	100,0	100,0
C. FRUTALES																				
AGUACATE	0	0	0	2,5	2.807	2,5	5,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALMENDRO Y NOGAL	1.262	0,3	1,3	2,7	3.122	2,7	6,6	8,3	15.161	8,3	15,5	0,0	108	0,0	0,6	0,0	15.114	4,0	6,7	6,7
CITRICOS	18.507	4,2	18,9	15,4	17.596	15,4	37,2	24,0	43.892	24,0	44,8	1,9	4.522	1,9	24,6	1,9	162.273	42,7	72,3	72,3
FRUTALES HOJA CADUCA	12.633	2,8	12,9	8,4	9.626	8,4	30,4	16,3	29.954	16,3	30,6	2,4	5.617	2,4	30,6	2,4	28.555	7,5	12,7	12,7
MANZANO Y CEREZO	0	0	0	0	0	0	0	1,5	2.707	1,5	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MATERIAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.014	0,3	0,5	0,5
OLIVAR	64.094	14,7	65,5	6,8	7.779	6,8	16,5	0	0	0	0	0,0	101	0,0	0,6	0,0	2.143	0,6	1,0	1,0
VINA	1.401	0,3	1,4	5,5	6.316	5,5	13,4	3,4	6.217	3,4	6,3	3,4	8.030	3,4	43,7	3,4	15.419	4,1	6,9	6,9
TOTAL	97.897	22,5	100,0	41,3	47.246	41,3	100,0	53,5	97.931	53,5	100,0	7,7	18.378	7,7	100,0	100,0	224.518	59,3	100,0	100,0
C. FORZ. FRE. FLORES																				
TOTAL	489	0,1	100,0	15,9	18.220	15,9	100,0	0	0	0	0	1,7	4.069	1,7	100,0	100,0	1.085	0,3	100,0	100,0
TOTAL CUENCA	436.059	100	—	114.367	100	—	—	183.135	100	—	—	238.680	100	—	—	—	378.975	100	—	—

TABLA 3. Dedicación productiva de las cinco cuencas de la España seca. (Desglose por cultivos y porcentaje de representatividad).

bla 3, con la dedicación productiva en cada una de las cuencas estudiadas.

SUCINTA DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA EMPLEADA

El planteamiento del cálculo de las dotaciones netas de riego se efectúa estableciendo un balance hídrico entre las «pérdidas» por evapotranspiración del cultivo, y las «ganancias» debidas a las aportaciones naturales por precipitación efectiva y al agua acumulada en el suelo.

$$DN_r = ET_c - (P_e + A_a)$$

En la que significan:

DN_r = Dotaciones netas de riego.

ET_c = Evapotranspiración del cultivo para unas condiciones óptimas definidas.

P_e = Precipitación efectiva, como fracción aprovechable de la precipitación total.

A_a = Agua acumulada o aportada por el suelo que no utiliza el cultivo anterior en la rotación.

Cada uno de estos parámetros tiene su metodología particular de cálculo, que no se describe de manera exhaustiva por no ser éste el objetivo del presente artículo, cuyo fin es la comparación de resultados, que con la aplicación de todas estas metodologías se ha obtenido en el cálculo de dotaciones netas en las cuencas ya reseñadas.

Los valores de la ET_c se obtienen como producto de:

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

En donde K_c expresa unos coeficientes de cultivo, obtenidos por particulares procedimientos recomendados por la FAO, cuyos valores dependen de las características fisiológicas de cada planta, fecha de plantación, ritmo de desarrollo, duración del ciclo vegetativo (en sus fases, inicial, de desarrollo, media y final del período), frecuencia de las lluvias o el riego, condiciones climáticas en general y especialmente las referidas al viento y a la humedad. Estos valores se expresan como coeficientes mensuales en aquellos meses que permanece el cultivo en el suelo.

La ET_0 expresa el valor de la evapotranspiración que produce una superficie extensa de cubierta vegetal de cultivo uniforme —de 8 a 15 cm de altura—, constituida por gramíneas verdes en crecimiento activo, que proporciona al suelo una cobertura sombreada y que no escasean de agua. La fórmula de la ecuación utilizada por el método de Penman modificado es la siguiente:

$$ET_0 = c [W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)]$$

En la que significa:

ET_0 = Evapotranspiración del cultivo de referencia expresado en mm/día.

c = Factor de corrección para ajustar la ET_0 real a la calculada en condiciones de alta radiación y viento diurno doble que el nocturno.

W = Factor de ponderación para los efectos de la radiación sobre la ET a diferentes temperaturas y altitudes.

R_n = Radiación neta en equivalente de evaporación en mm/día.

$(1 - W)$ = Factor de ponderación para los efectos de viento y humedad sobre la ET a diferentes temperaturas y altitudes.

$f(u)$ = Valor de la función del viento para una velocidad del mismo a una altura de 2 m, expresada en km/día.

$(ea - ed)$ = Valor, en milibares, diferencia entre la presión de saturación del vapor (ea) a la temperatura media del aire y la presión real del vapor (ed) medio del aire (según datos de termómetro seco y húmedo).

En general, para acceder a estos valores hay que hacerlo a través de cuadros o tablas, por lo que, en nuestro caso, para su mejor accesibilidad se han transformado en fórmulas para, además, evitar efectuar interpolaciones. También se utilizan fórmulas intermedias para corregir ciertos datos o para obtener valores de otros que directamente rara vez se disponen.

Así para la $f(u)$ se obtiene a partir de $f(u) = 0,27 \left(1 + \frac{U_z}{100}\right)$, en donde U_z es la velocidad total del viento en km/día a una altura de 2 m, teniendo que estar expresado $(ea - ed)$ en milibares. Si los datos no se han obtenido a 2 m de altura, se aplica un factor de corrección según sea la altura superior (factor de corrección inferior a la unidad) o inferior (factor superior a 1).

Con la R_n , que es la diferencia entre toda la radiación entrante y toda la saliente, valores que casi nunca se dispone de ellos, hay que obtenerlos a partir de la diferencia entre las radiaciones netas de ondas cortas R_{sc} y las radiaciones netas de ondas largas R_{nl} . Así, $R_n = R_{sc} - R_{nl}$, teniendo en cuenta que acceder a los valores del segundo miembro por medio de otras relaciones entre la R_{nl} , radiación extraterrestre, el valor n/N , que relaciona las horas reales de fuerte insolación (n) y las máximas posibles (N), ..., etc.

Calculada la ET_c de cada cultivo por el producto entre la ET_0 y los correspondientes K_c , se calcula a continuación la precipitación efectiva (P_e), parámetro que se define como la fracción de la precipitación total, que es utilizable para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos. Quedan, por tanto, excluidos la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación producida en la superficie del suelo.

Existen varios métodos de cálculo de la P_e , casi todos ellos empíricos o mediante fórmulas de difícil cuantificación, habiéndose empleado aquí el elaborado por el

Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, existiendo otros como el del U. S. Bureau Reclamation Method, el Método de Ramdas, el método del balance diario de la humedad del suelo o el de los lisímetros.

En el utilizado por el SCS de USDA, los valores de la precipitación efectiva mensual (en mm) se obtiene mediante la expresión:

$$P_e = (1,25247 \cdot P_t^{0,82414} - 2,93522) \cdot 10^{0,00095 \cdot U_e \times f}$$

siendo

$$f = 0,531747 + 0,0116210 \cdot D^2 + 0,00000023 \cdot D^3$$

en las cuales

P_e = Precipitación efectiva mensual (mm).

P_t = Precipitación total mensual (mm).

U_e = Uso consuntivo medio mensual.

D = Capacidad de almacenamiento.

A efectos de simplificación se han considerado como valores mensuales medios del uso consuntivo los hallados en cada caso para la ET_o , y como único valor de capacidad de almacenamiento la cifra fija de 75 mm.

El último parámetro del balance hídrico, A_e (agua aportada o almacenada en el suelo), evalúa los excedentes de las precipitaciones sobre la evapotranspiración durante el cultivo anterior, no utilizadas por éste, o en períodos sin cultivo, y acumulada en el suelo para ser aprovechable por los cultivos siguientes. Estos volúmenes de agua se cuantifican por asimilación a lo consumido en un riego, deduciendo esta cantidad de las necesidades de agua calculadas. También suele hacerse, y así se ha considerado en nuestros trabajos, como un exce-

dente mensual de la P_e sobre la ET , teniéndolo en cuenta en los balances hídricos de los meses posteriores.

Obtenidos los valores de todos los parámetros que forman el balance hídrico, ET_o , P_e y A_e , se tienen las necesidades hídricas netas de cada cultivo, y con las superficies ocupadas por cada uno de éstos se deducen los volúmenes netos requeridos en términos mensuales. A partir de estos volúmenes se determina el volumen neto total de cada zona regada, y conociendo la extensión de éstas, se obtienen, también en términos mensuales, las dotaciones, en m³/ha, que corresponden a cada zona en el período de cálculo.

RESULTADOS OBTENIDOS

En la tabla siguiente, tabla 4, se resumen las superficies de regadío que se han considerado para cada una de las cuencas del estudio, distribuidas en los siguientes grupos de cultivos: extensivos, horticolas, forrajeros y frutales. Por sus características específicas en relación a la cuantificación de sus necesidades hídricas, se ha desagregado el arroz del grupo de cultivos extensivos. Además, por las razones anteriores y otras referentes a su peculiar forma de cultivo, se ha establecido como grupo de «otros cultivos» los referidos a flores, fresas y a los cultivos forzados en general.

La tabla 4 que se expone a continuación es, por tanto, un resumen de la que con detalle se ha expuesto bajo el título de «Dedicación productiva de las cinco cuencas de la España seca» (ver tabla 3), habiéndose añadido los valores totales por grupos de cultivos, en el conjunto de las cinco cuencas y el total general de las superficies sobre las que se han realizado los estudios de las dotaciones.

Los valores de dotaciones netas, hallados según los procedimientos de la metodología descrita brevemente en el apartado anterior, son los que se exponen a continuación en la tabla 5. Como ya ha quedado indicado son valores medios ponderados de la hectárea representativa de cada grupo de cultivo, o del cultivo en cuestión,

GRUPO DE CULTIVOS	CUENCA					
	GUADALQUIVIR	SUR	SEGURA	GUADIANA	JUCAR	TOTAL GRUPOS
EXTENSIVOS	249.324	27.012	39.996	154.144	77.353	547.829
HORTICOLAS	37.296	11.348	32.591	33.872	49.247	164.354
FORRAJEROS	26.686	10.541	12.617	22.356	10.823	83.023
FRUTALES	97.897	47.246	97.931	18.378	224.518	485.970
ARROZ	24.367	—	—	5.861	15.948	46.176
OTROS CULTIVOS (FL. FR. F.)	489	18.220	—	4.069	1.086	23.864
TOTALES	436.039	114.367	183.135	238.680	378.975	1.351.216

TABLA 4. Superficies de regadío consideradas en cada cuenca (hectáreas).

GRUPO DE CULTIVOS	C U E N C A					MEDIA DE LAS 5 CUENCAS	MEDIA PONDERADA 5 CUENCAS
	GUADALQUIVIR	SUR	SEGURA	GUADIANA	JÚCAR		
EXTENSIVOS	4.809	3.905	4.705	3.036	4.498	4.191	4.234
HORTICOLAS	4.005	3.607	3.256	2.089	3.397	3.271	3.252
FORRAJEROS	7.542	8.693	10.134	5.638	7.184	7.838	7.523
FRUTALES	4.675	6.200	6.062	4.626	4.801	5.273	5.159
ARROZ	14.434	—	—	12.913	14.234	13.860	14.172
OTROS CULTIVOS (F., FR., F.)	6.500	7.500	—	3.000	3.500	5.125	6.530
H. R. GENERAL CUENCA	5.417	5.838	5.547	3.510	5.018	5.066	5.021
H. R. CUENCA (SIN ARROCES NI OTROS CULTIVOS)	4.884	5.522	5.547	3.277	4.616	4.769	4.664

TABLA 5. Dotaciones netas de la hectárea representativa (m^3/ha y año), M. Penman (cuencas de la «España seca»).

NOTA: Los valores del grupo «Otros cultivos» son estimados. En el estado de la cuenca del Segura no han sido considerados.

obtenido bajo una serie de condicionamientos como los señalados en anteriores epígrafes.

En dicha tabla 5 se incluyen también los valores medios de dotaciones netas para el conjunto de las cinco cuencas, por grupos de cultivos y según valores obtenidos para la hectárea representativa de cada cuenca, con la inclusión del arroz y «otros cultivos», o sin considerar ambos, cuya influencia en los valores medios —sobre todo a causa de las dotaciones del arroz— distorsionan las «medias» calculadas.

Al analizar los resultados obtenidos se deben tener en cuenta las limitaciones que conllevan los valores hallados, si se quieren utilizar para situaciones muy específicas respecto a la ubicación de la «zona» y a las condiciones concretas del cultivo en cuestión.

Las restricciones en el empleo de las cifras que expresan los resultados permite indicar lo siguiente:

1. Estos valores son válidos en el ámbito de las condiciones básicas de cálculo.
2. Su mejor uso o aplicación va orientado a la planificación de zonas de transformación en regadío.
3. Los valores obtenidos son eficaces cuando se trata de cuantificar las necesidades globales de agua a efectos de dimensionamiento de embalses en la demanda de regadío.
4. Pueden ser útiles, empleados con cuidado, para comparación de dotaciones netas entre grupo de cultivos y para zonas determinadas cuando se necesita establecer la dedicación productiva o selección de cultivo.

Para poder ver de forma más rápida los valores de las dotaciones netas calculadas en cada grupo de cultivos, zonas y cuencas, se incluyen sendos gráficos de barras y de líneas en los que se puede apreciar y cuanti-

ficar los valores de dotaciones obtenidos, y establecer comparaciones entre las dotaciones netas de la hectárea representativa según grupos de cultivos de una misma cuenca, así como entre los valores obtenidos para un mismo grupo de cuencas diferentes.

También se incluyen los valores correspondientes a la hectárea representativa general de la cuenca, y los de esta misma sin considerar los del arroz y otros cultivos (flores, fresas y c. forzados), por lo que se pueden apreciar las desviaciones de estos valores medios intercuenas y con las medias de las cinco cuencas estudiadas que forman el conjunto de la «España seca».

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En las tablas anteriores 4 y 5 han quedado expuestas, respectivamente, las superficies de regadío según grupos de cultivo que han servido de base para el cálculo de las dotaciones netas, y los valores obtenidos de dichas dotaciones netas de la hectárea representativa. Estos en relación a cada uno de los grupos de cultivo, según cuencas, y también los valores medios ponderados de las dotaciones de la hectárea representativa de cada cuenca.

A continuación se exponen las tablas 6 a 10, en las que se detallan, respectivamente, para las cuencas del Guadalquivir, Sur, Segura, Guadiana y Júcar los resultados totales y parciales obtenidos de las dotaciones netas de la hectárea representativa, por grupos de cultivo, dentro de cada zona y subzona, y el valor medio calculado para la cuenca.

Cada una de las tablas es, para cada cuenca, a la vez, un resumen y una ampliación de parte del contenido de las tablas precedentes 3, 4 y 5, y representan la concentración final de resultados de cada uno de los

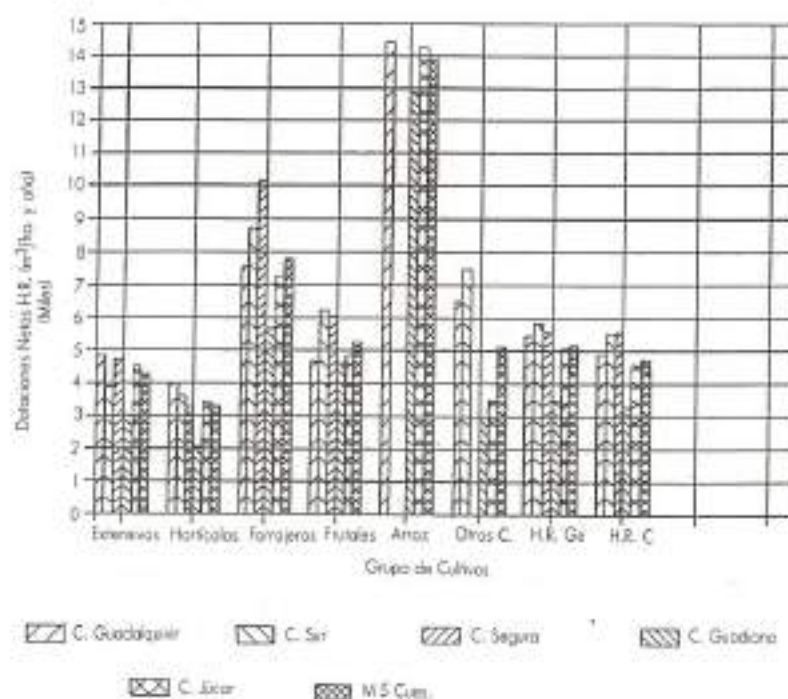


FIGURA 2. Dotaciones netas H. R. cuencas «España seca».

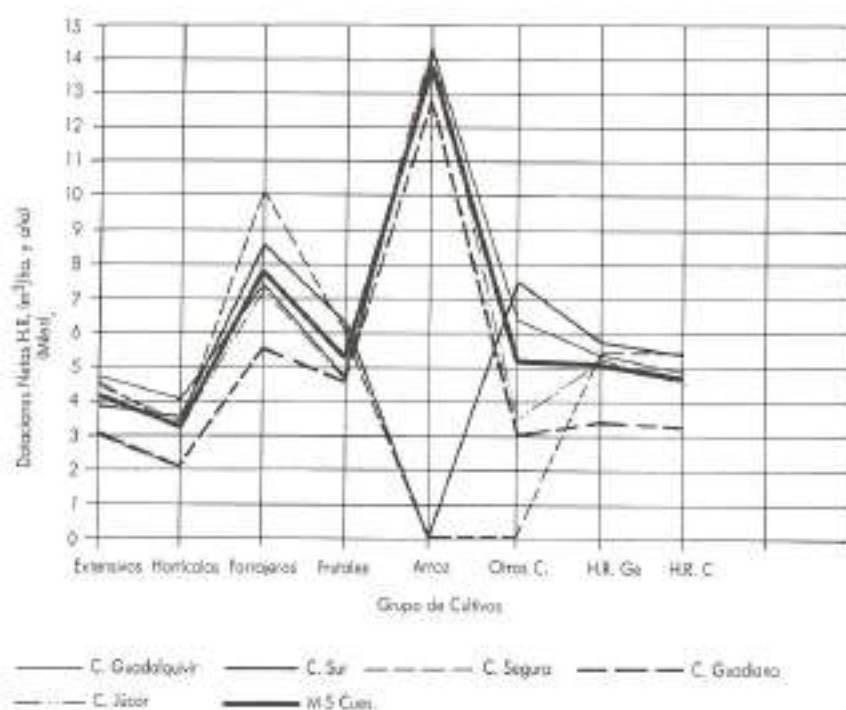


FIGURA 3. Dotaciones netas H. R. cuencas «España seca».

HIDRAULICA E HIDROLOGIA

ZONA	SUBZONA	C. EXTENS.	HECTA-REAS	C. HORTIC.	HECTA-REAS	C. FORRAL.	HECTA-REAS	C. FRUTAL	HECTA-REAS	ARROZ	HECTA-REAS	FLORES	HECTA-REAS	HECTAREA REPRITIVA.	TOTAL HECTAREAS
GUADIANA MENOR ALTO GUADALQUIVIR-JAEN- GUADALB.	I	3.033	22.058	3.551	2.633	7.422	3.454	4.417	15.531	14.905	3	0	0	3.904	43.679
	I	1.005	2.349	2.323	492	5.680	469	3.954	1.121	0	0	0	0	2.424	4.431
	II	3.010	2.197	3.607	380	8.990	521	2.783	4.814	0	0	0	0	3.294	7.912
	III	3.203	5.678	4.413	1.672	8.188	2.300	3.395	7.032	0	0	0	0	4.093	16.682
	IV	2.813	544	3.196	106	8.870	235	3.010	1.201	0	0	6.500	0	3.631	2.090
	V	3.891	1.369	3.759	508	9.228	246	3.713	14.701	0	0	0	0	3.810	16.824
	VI	4.379	1.538	3.969	618	7.802	307	3.952	7.354	0	0	0	0	4.140	9.817
SUBTOTAL		2.990	13.675	3.864	3.778	8.075	4.078	3.560	36.223	0	0	6.500	2	3.764	57.756
ALTO GENIL S. MORENA-CAMPANA CORDOBA-GUADALB. BAMBOLA-QUADATO	I	3.845	21.159	5.106	6.797	7.090	4.419	6.110	6.852	0	0	6.500	162	4.933	39.389
	I	3.372	75	3.320	31	9.156	14	3.261	144	0	0	6.500	1	3.602	285
	II	4.508	3.335	3.239	274	7.858	222	3.525	1.834	0	0	6.500	22	4.268	5.687
	III	3.872	4.238	3.751	375	7.846	359	3.631	249	0	0	6.500	9	4.129	5.230
	IV	4.393	10.136	3.473	692	6.175	426	6.961	357	0	0	6.500	39	4.488	11.650
	V	1.425	131	3.401	201	7.122	146	0	0	0	0	0	0	3.996	478
	VI	4.041	19.402	3.310	2.500	7.950	915	3.369	8.339	0	0	6.500	48	3.921	31.204
SUBTOTAL		5.670	13.742	4.017	781	7.187	537	6.612	1.426	0	0	6.500	12	5.723	16.498
BEMBIZAR-HUESA-BAJO GENIL	I	4.538	51.059	3.480	4.874	7.443	2.619	3.873	12.349	0	0	6.500	131	4.475	71.032
	I	5.202	2.501	4.423	192	9.512	64	5.038	119	0	0	6.500	2	5.277	2.878
	II	4.732	13.169	4.097	1.145	8.331	1.344	5.486	1.656	0	0	0	0	5.041	17.314
	III	5.636	26.915	4.120	2.453	7.930	1.185	6.078	2.658	0	0	6.500	7	5.689	33.218
	SUBTOTAL		5.331	42.585	4.128	3.700	2.593	6.213	4.433	0	0	6.500	9	5.457	53.410
CENA. SEMILANA-S. NORTE SEVILA-Y. B. GQ.- MARISMA	I	4.125	320	3.708	53	8.389	647	5.452	34	0	0	0	0	6.779	1.054
	II	5.319	70.730	3.652	11.296	7.712	4.171	6.492	16.917	14.504	20.930	6.500	125	6.957	124.169
	III	5.426	7.272	3.490	1.173	6.383	857	5.546	4.598	14.010	3.434	6.500	15	7.074	17.349
	SUBTOTAL		5.324	78.322	3.637	12.522	7.588	6.289	21.549	14.434	24.364	6.500	140	6.970	142.572
GUADALE-BAJAT DEM	I	6.613	14.024	4.143	1.663	6.058	3.238	7.623	7.69	0	0	6.500	24	6.352	19.698
	II	6.250	6.442	4.568	1.239	6.592	610	7.781	211	0	0	6.500	21	6.068	8.523
	SUBTOTAL		6.499	20.466	4.324	2.902	6.143	7.658	960	0	0	6.500	45	6.266	28.221
TOTAL		4.809	249.374	4.005	37.296	7.542	26.686	4.675	97.897	14.434	24.367	6.500	489	5.417	436.059

TABLA 6. Dotaciones netas de la hectárea representativa de los grupos de cultivo de cada zona regada y del total de la cuenca (en m. c. por ha). Cuenca del Guadalquivir (M. de Plénum).

ZONA	C. EXTENS.	HECTAREAS	C. HORTIC.	HECTAREAS	C. FORRAL	HECTAREAS	C. FRUTAL	HECTAREAS	C. FORZADO	HECTAREAS	HECTAREA REPRESENTATIVA	TOTAL HECTAREAS
CAMPO DE GIBALTAR	5.779	2.053	4.028	1.124	10.594	592	0	0	7.500	31	6.025	3.800
SERRANIA DE RONDA	3.048	132	2.979	85	8.911	38	8.139	871	0	0	7.284	1.126
ANTEQUERA	3.482	7.472	5.055	549	10.632	2.588	8.503	61	0	0	5.326	10.670
GUADALHORCE	7.555	2.759	2.660	2.418	10.646	1.715	7.749	13.571	7.500	77	7.365	20.540
VELEZ-MÁLAGA	4.158	4.012	3.721	120	8.451	1.081	6.688	2.307	7.500	439	5.652	7.959
COSTA GRANADINA	3.819	2.309	499	1.486	0	0	7.867	3.870	7.500	1.673	5.628	9.338
VALLE DE LECRÍN	1.166	159	0	0	0	0	5.210	2.955	0	0	5.004	3.114
ALPUJARRA	2.141	3.989	1.953	1.385	4.168	649	2.456	3.412	0	0	2.367	9.435
ALM. CAMPO DALIAS	4.196	1.000	5.943	1.453	8.539	810	8.339	4.935	7.500	15.580	7.475	23.778
ALBOX	3.049	1.025	6.185	958	11.227	83	6.091	2.598	0	0	5.533	4.664
BEJIA	0	0	5.098	110	0	0	5.400	1.567	7.500	220	5.626	1.897
LANJAR-ANDARAX	840	351	3.042	936	2.979	282	3.032	6.036	0	0	2.930	7.605
VERA-ALMANZORA	2.510	1.751	7.025	724	6.927	2.703	5.289	5.063	7.500	200	5.410	10.441
TOTAL	3.905	27.012	3.607	11.346	8.693	10.541	6.200	47.246	7.500	18.220	5.838	114.367

TABLA 7. Dotaciones netas de la hectárea representativa de los grupos de cultivo de cada zona regada y del total de la cuenca (en m. c., por ha). Cuenca del Sur (M. de Perimant).

ZONA	SUBZONA	C. EXTENS.	HECTAREAS	C. HORTIC.	HECTAREAS	C. FORRAL.	HECTAREAS	C. FRUTAL.	HECTAREAS	HECTAREA REPRESENTATIVA	TOTAL HECTAREAS
SIERRA SEGURA	I	3.344	2.113	3.324	377	8.093	621	7.880	119	4.422	3.230
	I	3.773	555	3.838	141	8.491	346	0	0	5.348	1.042
	II	3.879	3.373	4.660	1.760	8.191	1.203	7.338	2.090	5.516	8.426
	SUBTOTAL	3.864	3.928	4.599	1.901	8.258	1.549	7.338	2.090	5.497	9.468
NOROESTE DE MURCIA	I	4.007	1.896	2.786	518	8.381	696	8.152	4.784	6.825	7.894
	II	2.444	38	3.570	37	10.745	62	7.385	3.522	7.352	3.659
	III	4.498	485	3.766	163	7.752	371	6.843	155	5.734	1.174
	SUBTOTAL	5.551	8.571	3.946	4.564	11.023	3.036	4.995	13.852	5.604	30.023
RAMBLA NOROESTE	I	5.495	9.056	3.940	4.727	10.667	3.407	5.015	14.007	5.609	31.197
	II	3.800	148	3.514	93	9.952	48	7.166	1.919	6.847	2.208
	III	3.615	379	2.935	894	8.992	141	6.205	9.027	5.870	10.491
	SUBTOTAL	3.669	527	2.990	987	9.236	189	6.373	10.996	6.040	12.699
VEGAS ALTAS	I	4.485	1.483	3.484	1.383	8.364	279	7.928	7.283	6.861	10.428
	II	3.012	1.190	2.610	322	10.163	206	7.188	7.395	6.548	9.113
	III	3.829	2.673	3.319	1.705	9.128	485	7.555	14.678	6.715	19.541
	SUBTOTAL	3.867	1.635	2.091	4.067	10.329	714	5.533	9.847	4.697	15.903
SUR DE ALCANTAR	I	4.774	11.125	3.094	8.592	10.720	2.310	5.597	26.061	5.097	48.088
	II	4.376	1.220	3.428	1.221	9.529	133	5.523	4.186	5.031	6.960
	III	4.735	12.345	3.136	9.813	10.655	2.443	5.415	30.447	3.089	55.048
	SUBTOTAL	4.129	100	2.744	678	11.284	46	4.389	1.463	4.029	2.287
MAR MENOR	I	3.567	5.403	3.334	7.487	11.498	2.088	5.499	5.063	5.334	20.041
	II	3.796	36	6.134	6	10.608	9	0	0	5.273	51
	III	3.914	70	2.010	11	10.042	13	0	0	4.539	94
	SUBTOTAL	3.752	176	4.129	277	9.753	295	7.495	1.275	7.038	2.073
TOTAL		4.705	39.996	3.256	32.591	10.134	12.617	6.062	97.931	5.547	183.135

TABLA 8. Dotaciones riales de la hacienda representativa de los grupos de cultivo de cada zona regada y del total de la cuenca (en m. c., por ha). Cuenca del Seguro (M. de Huesca).

ZONA/SUBZONA	C. EXTENS.	HECTA-REAS	C. HORTIC.	HECTA-REAS	C. FORRAL.	HECTA-REAS	C. FRUTAL.	HECTA-REAS	ARROZ	HECTA-REAS	FIORES-FORZ.	HECTA-REAS	HECTAREA REPRESENTATIVA	TOTAL HECTAREAS
EXTREMEÑA														
ADIA	2.836	752	2.191	60	6.301	677	5.448	15	0	0	0	0	4.396	1.504
DOCANO	3.556	162	0	0	7.804	71	6.748	5	0	0	0	0	4.890	238
ENFERIOS	4.192	463	2.772	88	7.804	147	6.748	37	0	0	0	0	4.873	735
LOSON	4.474	11.828	2.352	1.186	7.661	319	6.648	605	0	0	0	0	4.461	13.938
MONTIJO	4.303	20.477	2.744	2.609	7.661	1.403	6.648	1.481	0	0	0	0	4.460	25.970
OREILANA	4.449	36.561	3.050	5.459	7.804	1.647	6.709	2.712	12.913	5.861	0	0	5.476	52.240
PEDRA AGUDA	5.140	351	3.285	141	8.007	126	6.887	19	0	0	0	0	5.357	639
ZUJAR	4.476	5.488	3.033	685	7.804	106	6.748	187	0	0	0	0	4.444	6.468
SUBTOTAL	4.399	76.082	2.886	10.228	7.529	4.500	6.683	5.061	12.913	5.861	0	0	4.989	101.732
MANCHEGA														
GASSET	4.127	98	781	66	7.181	141	5.888	7	0	0	0	0	4.839	312
MANZANARES	810	13.283	1.415	361	5.681	599	2.626	2.400	0	0	0	0	1.262	16.843
PENARROYA	3.067	2.957	2.097	1.624	6.548	454	3.377	1.006	0	0	0	0	3.119	6.041
T. ABRAHAM	3.540	677	2.464	57	6.292	79	0	0	0	0	0	0	3.732	813
EL VICARIO	4.301	536	3.233	69	7.181	122	0	0	0	0	0	0	4.683	727
REGOS PRIN.	1.732	58.440	1.591	18.736	5.004	15.728	2.714	5.121	0	0	3.000	23	2.282	98.048
SUBTOTAL	1.660	75.991	1.630	21.113	5.108	17.123	2.770	8.534	0	0	3.000	23	2.213	122.784
ANDALUZA														
CHANZA	1.769	259	2.914	621	6.587	348	5.710	2.290	0	0	3.000	1.582	4.389	5.100
COB.	2.712	176	2.927	480	6.765	254	5.971	961	0	0	3.000	155	4.839	2.026
PEDRAS	1.582	175	3.121	272	565	1	5.705	1.380	0	0	3.000	358	4.608	2.186
TRITO	4.121	1.461	2.371	1.158	5.368	130	5.376	152	0	0	3.000	1.951	3.337	4.852
SUBTOTAL	3.493	2.071	2.690	2.531	6.424	733	5.762	4.783	0	0	3.000	4.046	4.127	14.164
TOTAL	3.036	154.144	2.089	33.872	5.638	22.356	4.626	18.378	12.913	5.861	3.000	4.069	3.510	238.680

TABLA 9. Dotaciones menos de la hectárea representativa de los grupos de cultivo de cada zona regada y del total de la cuenca les m. c. por hol. Cuenca del Guadiana M. de Penarr.

ZONA	SUBZONA	C. EXTENS.	HECTA-REAS	C. HORTIC.	HECTA-REAS	C. FORRAL.	HECTA-REAS	C. FRUTAL.	HECTA-REAS	ARROZ	HECTA-REAS	FLORES	HECTA-REAS	HECTAREA REPRESENTATIVA	TOTAL HECTAREAS
CUENCA	I	2.617	2.604	2.606	1.231	5.199	2.124	3.682	1.165	0	0	3.500	197	3.557	7.321
TERUEL	I	2.716	4.628	2.901	240	7.650	966	4.188	800	0	0	0	0	3.619	6.634
CASTELLON IDEM	I	3.369	876	2.387	960	8.098	401	6.590	3.897	0	0	0	0	5.571	6.134
	II	2.777	867	2.581	9.074	5.387	295	4.417	45.915	13.561	90	3.500	65	4.115	56.306
SUBTOTAL		3.075	1.743	2.562	10.034	6.949	696	4.587	49.812	13.561	90	3.500	65	4.258	62.440
VALENCIA IDEM IDEM IDEM IDEM IDEM IDEM	I	3.230	325	3.392	616	7.684	188	6.393	1.420	0	0	0	0	5.360	2.549
	II	2.340	220	3.230	1.794	5.867	54	4.293	9.633	0	0	3.500	66	4.097	11.767
	III	3.512	4.986	3.563	18.511	5.594	456	4.735	74.228	14.238	15.858	3.500	468	5.807	114.507
	IV	3.380	987	3.372	2.092	7.981	504	5.080	6.176	0	0	0	0	4.692	9.759
	V	3.326	1.430	3.324	3.430	7.878	823	4.809	13.033	0	0	0	0	4.558	18.716
	VI	2.114	174	3.209	1.444	3.618	25	4.167	13.496	0	0	0	0	4.051	15.139
SUBTOTAL		3.390	8.122	3.476	27.887	7.273	2.040	4.680	117.986	14.238	15.858	3.500	534	5.331	171.437
ALICANTE IDEM IDEM	I	3.316	2.443	3.590	1.869	5.610	603	5.915	20.689	0	0	3.500	2	5.490	25.406
	II	3.881	251	3.566	1.445	9.965	63	4.641	20.610	0	0	3.500	30	4.577	22.399
	III	4.585	2.310	3.446	2.485	10.282	825	5.137	11.975	0	0	3.500	153	5.053	17.748
SUBTOTAL		3.930	5.004	3.572	5.799	8.379	1.491	5.247	53.274	0	0	3.500	185	5.061	65.753
ALBACETE IDEM	I	4.968	52.235	5.115	3.816	7.571	3.210	8.081	308	0	0	3.500	105	5.131	59.674
	II	5.467	3.017	3.317	240	9.719	286	6.506	1.173	0	0	0	0	5.874	4.716
SUBTOTAL		4.995	55.252	5.009	4.056	7.747	3.496	6.834	1.481	0	0	3.500	105	5.185	64.390
TOTAL		4.498	77.353	3.397	49.247	7.184	10.823	4.801	224.518	14.234	15.948	3.500	1.086	5.018	378.975

TABLA 10. Distancias netas de la hectárea representativa de los grupos de cultivo de cada zona regada y del total de la cuenca (en m. c. por ha). Cuenca del Júcar (M. de Perinat).

trabajos citados para cada cuenca, en el apartado «Introducción y antecedentes», y titulados «Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del...».

En la tabla 5 y en los gráficos que sobre los datos de dicha tabla se han elaborado, se puede observar que los valores que expresan las dotaciones netas de la hectárea representativa —en adelante, HR— de las cuencas del Sur, Segura y Guadalquivir son significativamente superiores al correspondiente de la cuenca del Guadiana y ligeramente superiores a la del Júcar. Entre los valores extremos de las cinco cuencas —5.838 m³/ha en C. Sur y 3.510 C. Guadiana—, la relación es 1,66, o sea que la dotación neta media requerida por la C. Sur es el 66 % mayor que la calculada para la C. Guadiana.

Si la comparación se efectúa entre los valores de HR de cuenca, en los que no se incluye ni el arroz ni los «otros cultivos», la relación entre las dos cuencas da valores más distantes —que en este caso son la C. del Segura con 5.547 m³/ha y la C. del Guadiana con 3.277 m³/ha— es aún mayor, 1,69.

Observando la referida tabla 5 se puede deducir que esta disparidad de valores se debe en gran parte a las diferencias existentes en las dotaciones netas de la HR obtenida para el grupo «C. forrajeros», que casi duplica las cifras de la C. Segura, respecto a la C. Guadiana, ocurriendo lo mismo para estas dos cuencas, aunque en menor proporción, en los «C. hortícolas». Las diferencias entre los valores hallados para las C. del Sur y C. del Guadiana provienen de las que se dan en el grupo de «C. hortícolas», que casi son dobles las del Sur respecto a las del Guadiana. En el grupo «C. forrajeros» también las diferencias de los valores de la hectárea representativa son considerables, pues los de la C. del Sur son casi el 55 % superiores a los correspondientes a la C. del Guadiana. Aunque en «Otros cultivos» los valores de dotaciones netas se han considerado con valores superiores al doble entre C. Sur y C. Guadiana, su repercusión en los valores medios es inferior al del grupo de frutales, debido a su menor significación en las superficies totales de regadío establecidas.

Por otro lado, analizando las causas de las diferencias, aunque menos significativas que las anteriores, pero que al darse entre las C. del Segura y C. del Júcar que, por su proximidad y condiciones agroclimáticas, parecen las más «criticables», veamos las tablas 8 y 10 que reflejan, respectivamente, ambas cuencas. En ellas se desglosan los valores de las dotaciones netas de la HR de cada zona y subzona, y apoyándonos en la tabla 3, en la que se desagregan los cultivos componentes de cada grupo y su porcentaje de representatividad en su propio grupo y en el total de la cuenca respectiva, podemos ver qué ocurre con los grupos de C. forrajeros y C. frutales, que son los que más inciden en los resultados de las dotaciones netas de la HR de las referidas cuencas.

Hay que hacer notar lo siguiente:

— Los frutales representan en la C. del Segura el

53,5 % y en la C. del Júcar el 59,3 %, de los totales respectivos de la superficie de regadío considerada en cada cuenca. No obstante, dentro de este grupo, los cítricos significan el 44,8 % en el Segura y el 72,3 % en el Júcar, siendo los frutales de hoja caduca, con el 30,6 y 12,7 %, respectivamente, para estas dos cuencas, las que le siguen en importancia.

— El grupo de forrajeros representa el 6,9 % del total del Segura, y sólo el 2,9 % del Júcar, y además la alfalfa, que es la de mayor consumo, participa con el 86,5 % del total de forrajeros en C. del Segura y con el 68,4 % en la C. del Júcar.

— Las diferencias que subsisten, al margen de la influencia de la representatividad de la dedicación productiva de los grupos de cultivo y de los cultivos individualizados dentro de cada grupo, en los valores obtenidos para las dotaciones netas de la HR, son consecuencia de los valores hallados para las ET₀ en las diferentes cuencas y, dentro de éstas, de las zonas y subzonas en que se han dividido.

Observando las tablas 6 a 10, o mejor en la tabla 5, se puede apreciar una coherencia en los valores hallados para grupos de cultivos iguales a las distintas cuencas. Así vemos que los grupos de cultivo que más dotaciones demandan son, después del arroz, los «forrajeros», seguidos de los «frutales», después los «extensivos» y en último lugar los «hortícolas». Se prescinde en esta «clasificación» del grupo «Otros cultivos» por la heterogeneidad del grupo y la forma de obtener sus dotaciones, en muchos casos, por información directa.

En todas las cuencas se mantiene este orden, excepto en la del Guadalquivir, en la que por escaso margen de diferencia tienen demandas más altas el grupo de «extensivos» que el de «frutales», posiblemente debido a una doble descompensación de la dedicación productiva en los dos grupos en relación a la composición de los mismos en las otras cuencas (ver tabla 3, los mayores porcentajes de cereal invierno y olivo en sus respectivos grupos). Tanto en los valores medios naturales como en los ponderados de las cinco cuencas, el orden en la cuantificación de los valores de dotaciones netas de la HR por grupos es el establecido anteriormente. La relación de requerimiento de dotación entre los grupos de mayor y menor demanda es, para los valores medios ponderados, de 2,31.

Respecto a las diferencias que se pueden apreciar en los valores de las dotaciones netas de la HR para un mismo grupo de cultivos, según sean las zonas y/o subzonas en que se han dividido las cuencas, como por ejemplo ocurre en la tabla 10 de la C. del Júcar, donde para el grupo C. extensivos, en la subzona VI de Valencia da valores de 2.114 m³/ha y para la subzona II de Albacete, 5.467 m³/ha, o como también acontece en la tabla 9 de la C. del Guadiana, en la que se aprecia que, para todos los grupos de cultivos extensivos, los valores obtenidos para la zona extremeña son los más elevados (4.399 m³/ha), seguidos de los correspondientes a la

zona andaluza ($3.493 \text{ m}^3/\text{ha}$) y los de menos demanda los de la zona manchega ($1.660 \text{ m}^3/\text{ha}$), se pueden aducir las siguientes causas, que de alguna forma son extrapolables a las que aparecen en otras zonas y subzonas de otras cuencas.

- La dedicación productiva tiene porcentajes de representatividad distintos para aquellos cultivos cuyos requerimientos de agua establecen una diferencia significativa. Así, en el ejemplo citado, el 93 % de los cultivos extensivos de la zona de Valencia, subzona VI, son de patata temprana, mientras que en la zona de Albacete, subzona II, el 70 % de dichos cultivos es maíz.
- El recorrido del viento, cuya incidencia es muy importante en los valores de evapotranspiración, da a igualdad de otros factores necesidades hídricas más altas. Así ocurre entre Valencia y Albacete.
- Los valores medios anuales de la precipitación efectiva y del agua almacenada por el suelo inciden también en la obtención de resultados diferenciados para iguales grupos de cultivos. Al actuar este factor como sustruendo en el balance hídrico, cuanto menor es, mayores son las necesidades de la planta a igualdad de evapotranspiración, y, por tanto, mayor el valor de sus dotaciones netas. Así este factor, unido al indicado en el punto anterior, establece los diferentes valores para las zonas extremeña, andaluza y manchega que antes señalábamos para la C. del Guadiana.

Debe quedar claro que los valores de dotaciones netas para la HR de un determinado grupo de cultivos no

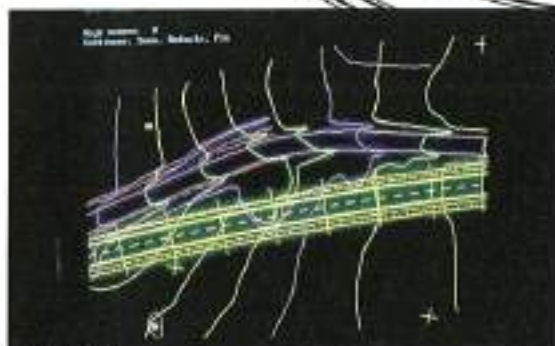
tiene por qué ser igual a la de otro grupo de cultivos diferentes, por razones obvias. Tampoco tienen por qué coincidir los valores de dotaciones netas de un mismo grupo de cultivos, cuando se refieren a zonas o subzonas diferentes, por las razones antes mencionadas de distinta representatividad de los cultivos en la hectárea tipo, y por las características climáticas que son función de la estación meteorológica que suministra los datos.

El análisis detallado y riguroso de las tablas 6 a 10, con el apoyo de la tabla 3, debe permitir establecer un conjunto de conclusiones deducidas de los valores hallados, especialmente con vistas a planificación para, en una primera aproximación, coadyuvar al uso y consumo del agua de forma más racional.

BIBLIOGRAFIA

- Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del Guadalquivir.** Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX).
- Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del Sur.** Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX).
- Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del Segura.** Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX).
- Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del Guadiana.** Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX).
- Determinación de las dotaciones de riego en los planes de regadío de la cuenca del Júcar.** Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX).
- Las necesidades de agua en los cultivos.** Publicación n.º 24. FAO.

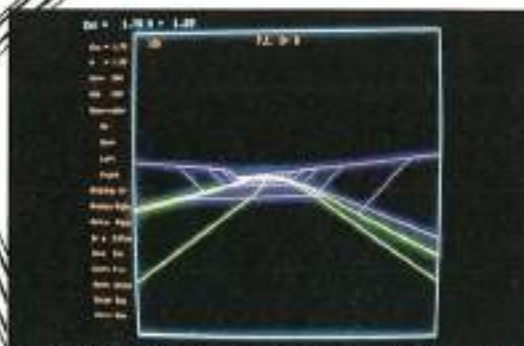
El camino más corto para trazar una carretera



TRIVIAM

es un sistema integrado para el cálculo geométrico de ejes de carretera, que permite al ingeniero de caminos resolver los siguientes problemas, inherentes al proyecto de una vía de transporte:

- Definición geométrica del eje.
- Obtención de coordenadas de puntos del eje, o de líneas o puntos asociados a uno o varios ejes.
- Cálculo de los datos necesarios para el replanteo de la carretera.
- Cálculo del longitudinal de una carretera.
- Definición de la sección transversal de la plataforma y obtención de las cotas de puntos característicos de la misma.



- Cálculo de las áreas y volúmenes de desmonte terraplén.
- Cálculo de las zonas de ocupación.
- Diagrama de masas.
- Dibujo automático de plantas, longitudinales y perfiles transversales.
- Definición de modelos digitales del terreno, para su utilización en los problemas de carreteras.

LPR

CONSULTING DE INGENIEROS, S.A.

C/ Isla de Tabarca, 45-5 T

28036 MADRID

Tel 738.7245-6638-6518 Fax 738.1745

Confíenos sus proyectos y obras de

señalización



FABRICA Y OFICINAS: León, 24-28940 FUENLABRADA (Madrid) - Tel: 650 04 50 - Telex 23891 UEFA - Fax 615 72 90

CATALUNYA: Avda. Barcelona, s.n. - Pol. Ind. El Pla - 08750 MORIS DE PIES - Tel: 668 68 62 - Fax 668 68 50

LEVANTE: Joaquín Carró, 20 - 46950 XIRIVELLA (Valencia) - Tel: 350 92 60 - Fax 370 79 75

ANDALUCIA: Pol. Ind. Los Quemados, nave 37 A - 14004 CORDOBA - Tel: 43 08 52 - Fax 43 70 85