

Influencia de las normas que obligan a recoger el agua de lluvia caída sobre los invernaderos, en el diseño de los embalses del sudeste de España

GARZÓN, E. (*)

RESUMEN Se presenta el estudio realizado sobre la influencia de la utilización del agua de lluvia caída sobre la cubierta del invernadero en el dimensionamiento de pequeños embalses, durante el periodo comprendido entre el 20/12/97 y el 31/07/98. Se ha encontrado que por encima del 25% del agua caída en la cubierta no va a parar al embalse, aunque este porcentaje varía dependiendo de la estructura del invernadero y de la presencia de viento. Sin embargo el agua que llega al embalse interviene tanto en la definición de la capacidad del mismo como en el dimensionamiento del aliviadero que permite eliminar las aportaciones en exceso.

INFLUENCE OF THE LOCAL NORMS THAT OBLIGE TO COLLECT THE WATER OF RAIN FALL UPON THE COVERED WITH THE GREENHOUSES, IN THE DESIGN OF SMALL RESERVOIRS OF THE SOUTHEAST OF SPAIN

ABSTRACT *The study is presented carried out upon the influence of the utilization of the fall rain water upon the covered with the greenhouse in the design of small reservoirs, during the period of the 20/12/97 to the 31/07/98. It has been found that over the 25% of the water fall in the cover is not going to stop to the reservoir, although this percentage varies depending on the structure of the greenhouse and of the presence of wind. However the water that arrives at the reservoir intervenes so much in the definition of the capacity of the same one as in the design of the overflow channel that permits to eliminate the contributions excessively.*

Palabras clave: Influencia; Normas; Agua de lluvia; Diseño; Embalses.

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Almería se considera una de las más áridas de España, en donde la escasez de agua constituye, el principal factor limitante de su desarrollo (Pulido, 1997). Este problema se ha visto agravado en los últimos años, con la expansión de los cultivos en invernaderos, siendo necesario utilizar y racionalizar al máximo el uso del agua disponible (Pérez y Carreño, 1996).

El déficit estructural de recursos hídricos unido a la frecuente inundación de caminos en períodos lluviosos, ha obligado a los Ayuntamientos afectados al desarrollo de normas subsidiarias que exigen la instalación en los invernaderos, de los elementos necesarios para recoger el agua de lluvia y la propia de condensación, al objeto de que dichas aguas sean almacenadas y utilizadas posteriormente para riego. Queda prohibido evacuar aguas sobre colindantes o caminos de uso público. En todo caso, las aguas no almacenadas serán conducidas hacia cauces naturales o artificiales, debidamente calculados, sirviendo únicamente las

cunetas de los caminos para absorber los eventuales excesos (Norma Subsidiaria del Ayuntamiento de la Mojonera, 1998). La norma del Ayuntamiento del Ejido va aun más lejos, al recomendar la capacidad de la balsa a construir para recoger el agua de lluvia, en función de las dimensiones del invernadero ($200 \text{ m}^3 = 3.500 \text{ m}^2$, $300 \text{ m}^3 = 5.000 \text{ m}^2$, $600 \text{ m}^3 = 10.000 \text{ m}^2$). Además establece unas distancias mínimas entre estas construcciones y los caminos más próximos (21 m de carretera municipal, 8 m de camino principal, 6 m de camino secundario y 3,5 m de caminos terciarios) (Plan de Ordenación del Medio Rural del Ayuntamiento de El Ejido, 2002).

Todo esto ha permitido que en la provincia de Almería, por encima del 36,5% de los invernaderos dispongan de cañaletas para recoger el agua caída sobre la cubierta (Foto 1). Y más de la mitad de éstas desembocan en la balsa, llegándose en los municipios de Almería (85,7%) y de Níjar (92,3%). Siendo la disponibilidad de balsa del 100% en todas las explotaciones (Garzón, 2002).

En función de la importancia de los recursos hídricos para la provincia de Almería, así como ante la exigencia de cumplimiento de las normativas locales desarrolladas, existe la necesidad de determinar la eficiencia en la recogida del agua de lluvia caída sobre la cubierta, para cada direc-

(*) Departamento de Ingeniería Rural. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. Ctra. Sacramento s/n. 04120 - Almería.



FOTO 1. Invernadero multicapilla, donde se observa la distribución de canaletas y tuberías de desagüe a lo largo de su perímetro.

ción del viento y estructura de invernadero, permitiendo dimensionar de manera optima tanto la capacidad de la balsa como la sección del aliviadero.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó desde el 20/12 al 31/07 en tres invernaderos de tubo galvanizado situados en la Cañada de San Urbano (Almería) y orientados en dirección E-O. Las características de cada uno de ellos son las siguientes; 1) El primero tiene una estructura de raspa y amagado, asimétrica, con la cubierta formando tres naves de 5,2 m de longitud en la raspa orientada al sur y de 2,6 m en la zona orientada al norte. La altura del invernadero es de 3,7 m en la raspa y de 2,6 m en el amagado,

en cuanto a las dimensiones son de 23,4x40 m. Las canaletas tienen forma trapezoidal estando colocadas sólo en posiciones centrales. El plástico de la cubierta es de Polietileno. El segundo tiene una estructura de tipo multicapilla-asimétrico, con la cubierta formando tres naves de dimensiones similares al primer invernadero. La altura del invernadero es de 3,2 m en la zona más baja y 4,7 m en el punto más alto, en cuanto a las dimensiones superficiales son de 23,4x20 m. Las canaletas son idénticas a las del primer invernadero, pero van colocadas tanto en los laterales como en el centro. La cubierta es de polietileno de doble capa en el techo y de placas de PVC onduladas en los laterales. Y el último 3), es asimétrico, con dos naves de 5 m en la zona orientada al sur y 3 m en el norte. La altura es de 2,7 m en la zona más baja y de 4,2 m en el punto más alto, sin embargo, las dimensiones totales son 16x40 m. Sólo dispone de una canaleta de sección triangular en la zona central. La cubierta es de polietileno.

Durante el período anteriormente indicado, en los días de lluvia, se han medido tanto el agua recogida por las canaletas, como la recogida en el pluviómetro de la estación meteorológica. Igualmente se ha contado con un anemómetro para conocer la dirección del viento.

Con estos datos se han establecido dos coeficientes de escorrentía del agua recogida por las canaletas en función del agua almacenada en el pluviómetro. El primer coeficiente establece que el agua recogida por una canaleta (L_c) partido por la superficie de la cubierta que vierte en la misma (S_c) y dividido por el volumen de agua/m² recogida en el pluviómetro (V) y expresado en %, es el coeficiente de recogida según superficie (CE_1) (Cuadro I).

$$CE_1 = \frac{L_c}{S_c \times V} \times 100$$

Fecha	Pluviometría (l/m ²)	Dirección del viento	Agua recogida por las canaletas centrales según el tipo de estructura del invernadero											
			Asimétrico (2 naves)				Asimétrico (3 naves)				Multicapilla-Asimétrico (3 naves)			
			L_c/S_c	L_c/S_c	CE_1	CE_2	L_c/S_c	L_c/S_c	CE_1	CE_2	L_c/S_c	L_c/S_c	CE_1	CE_2
20/12/97	1	N	0,329	0,353	32,9	35,3	0,591	0,637	59,1	63,7	0,535	0,576	53,5	57,6
08/01/98	9,5	—	6,236	6,68	65,64	70,3	6,355	6,85	66,89	76,1	6,358	6,855	66,9	72,1
12/02/98	8	N	2,651	2,84	33,13	35,5	4,756	5,12	59,45	64	4,28	4,615	53,5	57,6
03/03/98	1	—	0,656	0,703	65,6	70,3	0,665	0,717	66,5	71,7	0,671	0,724	67,1	72,4
10/03/98	1	S	0,332	0,356	33,2	35,6	0,558	0,634	58,8	63,4	0,52	0,56	52	56
11/03/98	2	S	0,665	0,712	33,25	35,6	1,189	1,282	59,45	64,1	1,064	1,147	53,2	57,35
15/03/98	1,3	—	0,851	0,912	65,4	70,1	0,868	0,935	66,7	71,9	0,870	0,939	66,9	72,23
18/03/98	2	—	1,309	1,40	65,4	70	1,337	1,44	66,85	72	1,340	1,445	67	72,23
29/03/98	2	N	0,659	0,706	32,95	35,3	1,183	1,27	59,15	63,5	1,070	1,153	53,5	57,65
05/04/98	0,2	—	0,131	0,14	65,5	70	0,127	0,137	63,5	68,5	0,139	0,150	69,5	75
15/04/98	0,2	—	0,134	0,143	67	71,5	0,133	0,144	66,5	72	0,139	0,150	69,5	75
07/05/98	0,25	S	0,081	0,087	32,4	34,8	0,148	0,16	59,2	64	0,133	0,144	53,2	57,6
23/05/98	0,25	N	0,084	0,09	33,6	36	0,154	0,166	61,6	66,4	0,139	0,15	55,6	60
02/06/98	2	S	0,662	0,709	33,1	35,4	1,189	1,282	59,45	64,1	1,076	1,16	53,8	58
07/06/98	1,5	N	0,495	0,531	33	35,4	0,885	0,955	59	63,6	0,796	0,858	53	57,2
15/06/98	1,5	—	0,985	1,056	65,6	70,4	1,004	1,083	66,93	72,2	0,998	1,076	66,5	71,7

Nota: L_c = litros recogidos por la canaleta S_c = Superficie de cubierta que vierte en la canaleta S_e = Superficie de suelo que vierte en la canaleta CE_1 = Coeficiente de eficacia según superficie cubierta CE_2 = Coeficiente de eficacia según superficie cubierta de suelo. CE_{max} . Máximo coeficiente de eficacia del período de estudio.

CUADRO 1. Coeficientes de escorrentía del agua recogida por las canaletas centrales para los tres tipos de invernaderos.

Fecha	Pluviometría (l/m ²)	Dirección del viento	Agua recogida por las canaletas en el invernadero multicapilla-asimétrico (3 naves) según la localización de las mismas											
			Canaletas laterales en el Sur				Canaletas Centrales				Canaletas laterales en el Norte			
			L _c /S _c	L _c /S _s	CE ₁	CE ₂	L _c /S _c	L _c /S _s	CE ₁	CE ₂	L _c /S _c	L _c /S _s	CE ₁	CE ₂
20/12/97	1	N	0,485	0,5	48,5	50	0,535	0,576	53,5	57,6	0,705	0,815	70,5	81,5
08/01/98	9,5	—	4,95	5,15	52,1	54,2	6,358	6,855	66,9	72,1	8,895	10,26	93,63	108
12/02/98	8	N	3,55	3,7	44,43	46,25	4,28	4,615	53,5	57,6	6,16	7,11	77	88,93
03/03/98	1	—	0,52	0,54	52	54	0,671	0,724	67,1	72,4	0,98	1,07	93	107,5
10/03/98	1	S	0,39	0,405	39	40,5	0,52	0,56	52	56	0,87	1	87	100
11/03/98	2	S	0,83	0,865	41,5	43,25	1,064	1,147	53,2	57,35	1,665	1,92	83,25	96
15/03/98	1,3	—	0,675	0,705	51,92	54,23	0,870	0,939	66,9	72,23	1,205	1,39	92,69	106,92
18/03/98	2	—	1,045	1,09	55,25	54,5	1,340	1,445	67	72,23	1,87	2,16	93,5	108
29/03/98	2	N	0,93	0,97	46,5	48,5	1,070	1,153	53,5	57,65	1,48	1,71	74	85,5
05/04/98	0,2	—	0,105	0,11	52,5	55	0,139	0,150	69,5	75	0,18	0,21	90	105
15/04/98	0,2	—	0,11	0,115	55	57,5	0,139	0,150	69,5	75	0,19	0,22	95	110
07/05/98	0,25	S	0,06	0,065	24	26	0,133	0,144	53,2	57,6	0,27	0,315	108	126
23/05/98	0,25	N	0,16	0,165	64	66	0,139	0,15	55,6	60	0,105	0,125	42	50
02/06/98	2	S	0,815	0,85	40,75	42,5	1,076	1,16	53,8	58	1,705	1,97	85,25	98,5
07/06/98	1,5	N	0,735	0,765	49	51	0,796	0,858	53	57,2	1,04	1,2	69,33	80
15/06/98	1,5	—	0,78	0,81	52	54	0,998	1,076	66,5	71,7	1,37	1,585	91,33	105,66

Nota: L_c= litros recogidos por la canaleta S_c= Superficie de cubierta que vierte en la canaleta S_s= Superficie de suelo que vierte en la canaleta CE₁= Coeficiente de eficacia según superficie cubierta CE₂= Coeficiente de eficacia según superficie cubierta de suelo. CEmax. Máximo coeficiente de eficacia del periodo de estudio.

CUADRO 2. Coeficientes de escorrentía del agua recogida por las canaletas, según posición de las mismas para el invernadero multicapilla-asimétrico.

Seguidamente se define el coeficiente de recogida de agua según superficie de suelo, como el agua recogida por una canaleta (L_c), partido por la superficie de suelo que vierte agua en la misma (S_s) y dividido por el volumen de líquido caído al pluviómetro (V) y expresado en %(CE₂) (Cuadro II).

$$CE_2 = \frac{L_c}{S_s \times V} \times 100 \quad (1)$$

Donde CE₁ ≤ CE₂, siendo CE₁=CE₂ sólo en el caso de que el invernadero tenga una cubierta plana. Además se ha establecido el coeficiente de escorrentía máxima (CEmax), como el máximo coeficiente de escorrentía del periodo estudiado.

Y por último a estos datos se le aplicó un análisis de la varianza, seguido de un test de comparación de medias (P<0,05).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DEL INVERNADERO, DIRECCIÓN DEL VIENTO, Y POSICIÓN DE LAS CANALETAS EN LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

La influencia de la estructura del invernadero en los coeficientes de escorrentía se recoge en la figura 1, donde se puede observar que para ambos coeficientes el invernadero

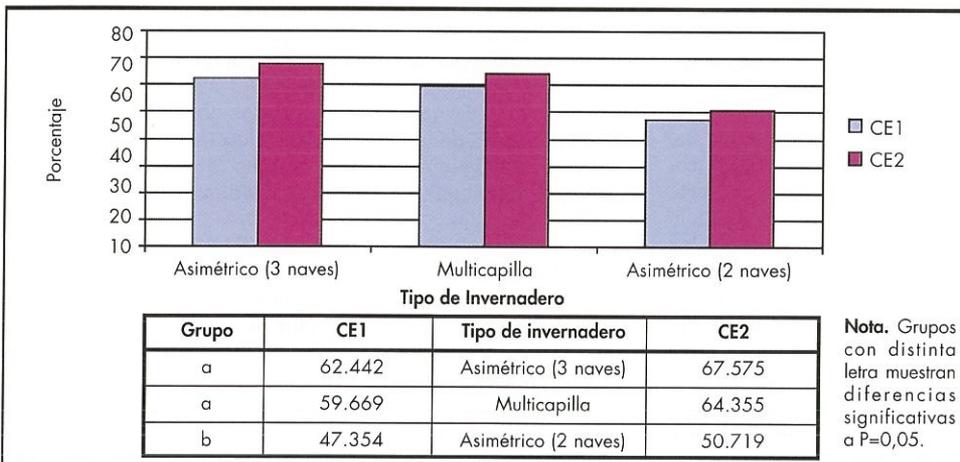


FIGURA 1. Influencia de la estructura del invernadero en los coeficientes de escorrentía.

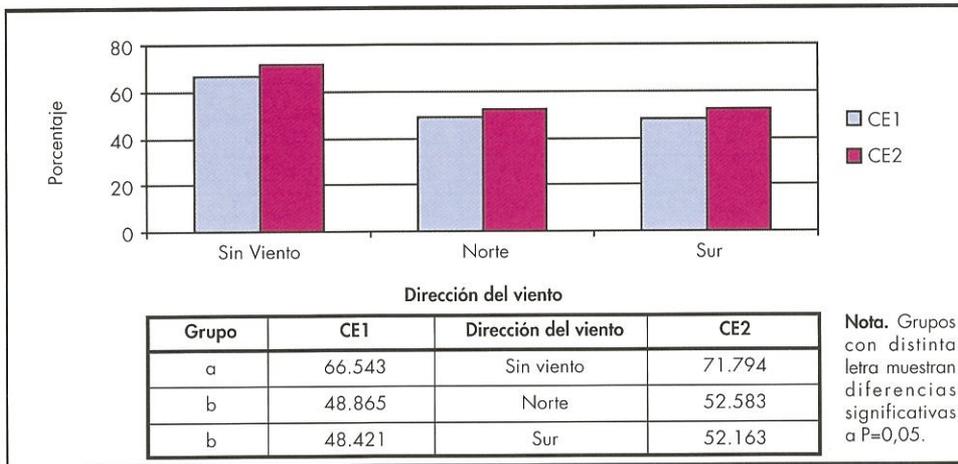


FIGURA 2. Influencia de la dirección del viento en los coeficientes de escorrentía.

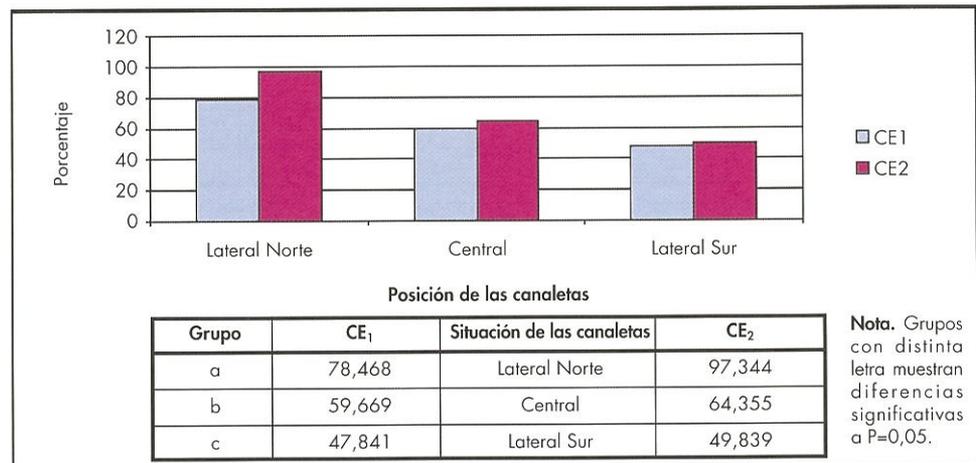


FIGURA 3. Influencia de la posición de las canaletas en el invernadero multicapilla-asimétrico en los coeficientes de escorrentía.

asimétrico en dos naves se ha mostrado más ineficiente en la recolección del agua de lluvia, efectos que han sido significativos para $p < 0,05$. Sin embargo, con las otras dos estructuras (el multicapilla y el asimétrico en tres naves) las diferencias no fueron apreciables. En cuanto a la influencia de la dirección del viento en los coeficientes de escorrentía (Figura 2), se ha encontrado que la fuerza del viento, independientemente de su dirección, arrastra las gotas de lluvia fuera de la superficie cubierta, bajando la cantidad de agua recogida por las canaletas. Estos resultados fueron significativos para $p < 0,05$. Por tanto en los días de calma se recoge más del 17% de agua.

Igualmente en la figura 3, se distingue la variabilidad de los coeficientes de escorrentía, según la posición de las canaletas para el invernadero multicapilla-asimétrico, observándose que las canaletas laterales de la zona Norte son capaces de recoger más litros de agua por m^2 de suelo ó de superficie cubierta (78,46%), seguidamente irían las canaletas centrales (59,66%), y por último las canaletas laterales de la cara sur (47,84%), dichos efectos son significativos para $p < 0,05$. De los resultados anteriores se deduce, que a menor superficie de cubierta que vierte agua en las canaletas mayores serán los coeficientes de escorrentía. También se representa en la figura 4, la influencia del viento en el agua recogida por las canaletas para el invernadero multicapilla-asimétrico, donde se han pro-

ducido unos resultados similares a los obtenidos en la figura 2, aunque en este caso las diferencias no fueron significativas para $p < 0,05$. En este punto hay que tener en consideración que la dimensión E-O de la nave es de 20 m, esto hace que los efectos de la dirección del viento se difuminen.

3.2. APLICACIONES DE LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTIA EN DISEÑO DE PEQUEÑOS EMBALSES

En el dimensionamiento de pequeños embalses en las Comarcas del Poniente y Levante almeriense, cada vez más intervienen los recursos hídricos caídos sobre la cubierta del invernadero, ya que las normas subsidiarias desarrolladas por gran parte de las corporaciones locales obligan a ello. Dicha variable va a intervenir tanto en la definición de la capacidad del embalse como sobre las dimensiones del aliviadero (Foto 2).

Así en los últimos años, para el cálculo de la capacidad de embalse, se hacía un balance hídrico entre los litros que entran (pozo) y las necesidades hídricas (cultivo). Posteriormente dependiendo de la fluidez de los abastecimientos en cada zona, se estiman los días que queremos cubrir con el agua almacenada. En la situación actual, habrá que hacer una estimación de los recursos aportados por la lluvia, ya que estos inevitablemente tendrán que ir al embalse. En este punto, es dónde los coeficientes de escorrentía, nos van

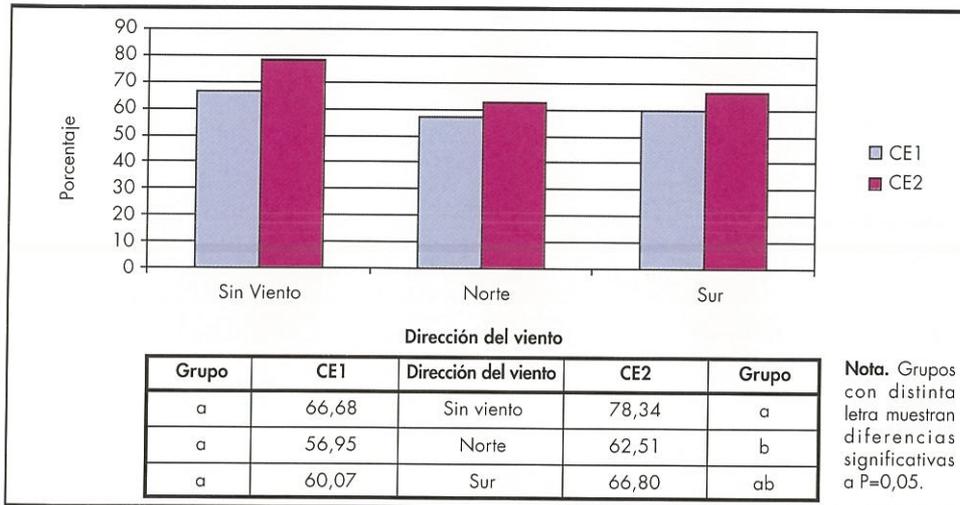


FIGURA 4. Influencia de la dirección del viento (para el invernadero multicapilla-asimétrico) en los coeficientes de escorrentía.

a permitir aproximarnos de una forma más objetiva, a la verdadera dimensión de este recurso.

En cuanto al diseño del aliviadero, se realiza teniendo en consideración el agua caída sobre la superficie del em-



FOTO 2. Embalse vallado e impermeabilizado con cloruro de polivinilo en el que desembocan las canaletas de forma directa procedentes del invernadero.

balse en una hora de máxima lluvia para un período de retorno determinado, adicionándole el agua vertida por la entrada procedente de la red, en caso de avería del motor. En el futuro al tener en consideración el agua de lluvia caída sobre la cubierta del invernadero, el aliviadero, aumentará de dimensiones, ya que la superficie de escorrentía se incrementa. Esta se podrá calcular multiplicando la precipitación máxima horaria por la superficie del invernadero (de cubierta ó de suelo) y por el coeficiente de escorrentía máxima.

4. CONCLUSIONES

- 1 – Entorno al 75% del agua que cae sobre la cubierta del invernadero va a parar al embalse, aunque este porcentaje varía dependiendo de la estructura del invernadero y de la presencia de viento.
- 2 – A menor superficie de cubierta que vierte agua en las canaletas, mayor eficiencia en la captación de agua de lluvia.
- 3 – Los coeficientes de escorrentía nos van a permitir valorar de una forma más objetiva las precipitaciones caídas sobre la cubierta del invernadero y esto incidirá en un mejor diseño tanto de la capacidad de la balsa como del aliviadero.

5. BIBLIOGRAFÍA

- GARZÓN, 2002. Factores que intervienen en el diseño de los embalses utilizados en las explotaciones de cultivos intensivos del sudeste de España. *Ingeniería Civil*, 127: 43-48.
- ORDENANZA REGULADORA DE SALUBRIDAD Y ORDENACIÓN AGRÍCOLA DEL MEDIO DE LA MOJONERA, 1998. *Ayuntamiento de la Mojonera*. Almería: 6 pp.
- PLAN DE ORDENACIÓN DEL MEDIO RURAL DEL AYUNTAMIENTO DEL EJIDO, 2002. Concejalía de Agricultura y Medio Ambiente. *Ayuntamiento de El Ejido*. Almería.
- PEREZ, C.; CARREÑO, J., 1996. Productividad del agua de riego en cultivos protegidos de pimiento de Almería. *XIV Congreso Nacional de Riegos, Actas: 642-649*.
- PULIDO, A., 1997. Los recursos hídricos en la provincia de Almería. *Actas del I y II Seminario del Agua I.E.A. Diputación de Almería*.