

Factores que intervienen en el diseño de los embalses utilizados en las explotaciones de cultivos intensivos del sudeste de España

E. GARZÓN (*)

RESUMEN Se exponen los resultados de una encuesta, realizada para conocer los factores que intervienen en el diseño de los embalses utilizados en explotaciones de cultivos en invernadero de la provincia de Almería. En todas las zonas un 36,5% de los invernaderos disponen de canaletas para recoger el agua de lluvia, y de estas la mayoría desembocan en la balsa de riego, ya que existe una actitud bastante positiva de los agricultores en cuanto al aprovechamiento de los recursos naturales.

Se ha visto que en la determinación de la capacidad de la balsa interviene preferentemente la empresa constructora, sin embargo el lugar dónde se ubica es elegido por el propio agricultor, basándose más en argumentos de tipo económico que en condicionantes técnicos. De la misma forma se constata que un número importante de embalses no disponen de aliviadero (16,1-30%) y en el Campo de Dalías existe un porcentaje alto de los mismos que no cuenta con protección (vallado perimetral, tela mosquetera). Esto lleva consigo asumir tanto un riesgo de inundación de caminos y áreas colindantes como un riesgo de accidentes.

THE FACTORS INVOLVED IN THE DESIGN OF RESERVOIRS USED FOR INTENSIVE CULTIVATIONS IN THE SOUTH-EASTERN SPAIN

ABSTRACT *The results are presented for a questionnaire prepared to determine the factors involved in the design of reservoirs used for greenhouse cultivation in the province of Almería (south-eastern Spain). In all the zones, 36.5% of the greenhouses had gutters to collect rainwater, and of these most fed the irrigation reservoir, reflecting a positive attitude among the local farmers concerning the use of natural resources.*

It was found that in the determination of the capacity of the reservoir the construction company was a major factor, although the site for the reservoir was chosen by the farmer on the basis of economic rather than technical considerations. Also a number of large reservoirs had no overflow channel (16; 1-30%) and in the Campo de Dalías, a high percentage had no protection (safety fences, mosquito netting). This implies flood risks for the roads and surrounding areas as well as accident risks.

Palabras clave: Factores; diseño; embalses; invernaderos.

INTRODUCCIÓN

El enorme déficit estructural de recursos hídricos unido a la frecuente inundación de caminos en períodos lluviosos, ha obligado a los ayuntamientos del Poniente y Levante almeriense al desarrollo 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.

Todo esto ha permitido que en los últimos años se haya generalizado la utilización de pequeños embalses impermeabili-

zados con distintos materiales adaptados a aquellas zonas donde la escasez de agua e irregularidad de su suministro hacían difícil el establecimiento de cultivos más rentables (GAÑEZ, 1991). Este hecho ha propiciado la aparición y desarrollo de nuevos procedimientos o productos para impermeabilizar las estructuras hidráulicas. Y en concreto de materiales que podríamos agrupar bajo el nombre genérico de geomembranas sintéticas (MAS, Y SANTARUFINA, 1991, MUZAS, 1986).

Dada la escasez de recursos hídricos existentes en la provincia de Almería, se hace necesario identificar que factores intervienen en el diseño de los embalses utilizados en su regulación.

MÉTODOLÓGIA

El plan de trabajo se desarrolló en las áreas más importantes de cultivos en invernaderos: Campo de Níjar (Almería y Níjar) y Campo de Dalías (Adra, Berja, Dalías, El Ejido, La Mo-

(*) Departamento de Ingeniería Rural, Universidad de Almería, Almería, Spain.

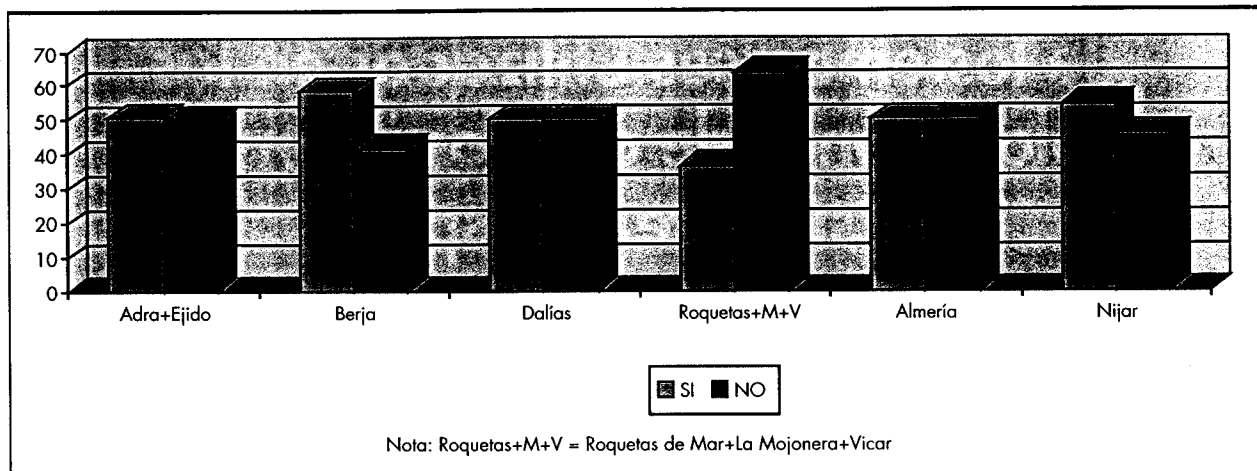


FIGURA 1. Disponibilidad de canaletas según localización, en la provincia de Almería.

jonera, Roquetas de Mar y Vicar), durante la campaña 99/00. A través de visitas a empresas constructoras de embalses ubicadas en las zonas objeto de estudio, se obtuvo información sobre las características constructivas de los embalses más demandados por los agricultores, así como, del material y criterios de diseño que se utilizan. Seguidamente se hizo tanto una revisión bibliográfica como una recopilación de las Normas Subsidiarias que las Corporaciones Locales implicadas estaban poniendo en marcha en relación con el tema objeto del trabajo. Todo ello sirvió para elaborar una encuesta, que se realizó a agricultores escogidos al azar, dentro de las comarcas del Poniente y Levante almeriense, realizándose 197 encuestas, lo que representa una superficie de 350,4 Ha.

La distribución total del número de encuestas realizadas en la provincia de Almería, según localización, se repartió como sigue: Adra+El Ejido (37,6%), Berja (6,1%), Dalías (5,1%), Roquetas de Mar+La Mojonera+Vicar (31,9%), Almería (7,9%), y Níjar (12,2%), lo que representa una distribución bastante correlacionada con el peso que la agricultura intensiva tiene en cada una de ellas.

En cuanto a las características de los invernaderos hay una disparidad de estructuras en las seis zonas, de forma que los invernaderos planos son predominantes en Roquetas y Al-

mería, mientras que en Dalías y Níjar se mantienen el mismo nivel entre los planos y los de raspa y amagado. Sin embargo, en El Ejido y Berja predominan los de tipo Raspa. En lo referente a las estructuras más novedosas como los asimétricos son representativas en las comarcas de El Ejido y Níjar.

Los datos de porcentajes fueron analizados mediante el método no paramétrico de tabla de contingencia y cálculo de la Chi-cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. FORMA DE RECOGER EL AGUA DE LLUVIA CAÍDA SOBRE LA CUBIERTA DEL INVERNADERO

En la Figura 1, se refleja la distribución en medias porcentuales de la disponibilidad de canaletas para recoger el agua de lluvia, según localización, en la provincia de Almería (Fig. 2). En todas las zonas estudiadas, la mitad ó más de los invernaderos disponen de canaletas, con la excepción de la zona de Roquetas de Mar, dónde sólo el 36,5% cuenta con ellas. Aunque estas diferencias no fueron significativas ($\chi^2 = 10,77$; $gl = 5$; $P < 0,1$).

Esto está relacionado con el desarrollo y aplicación de Normas Subsidiarias puestas en marcha por las corporacio-

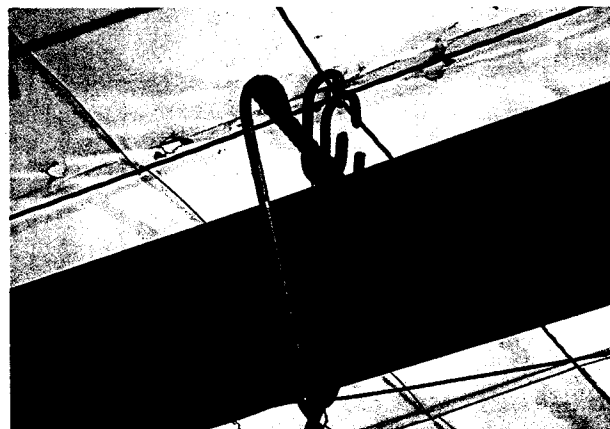
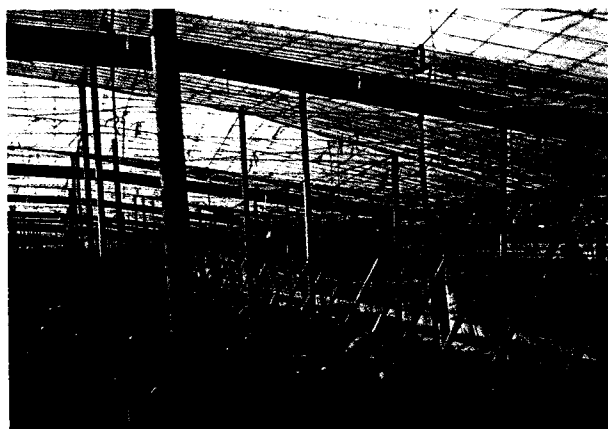


FIGURA 2. Canaleta de sección triangular de acero galvanizado, que recoge el agua de lluvia procedente del invernadero.

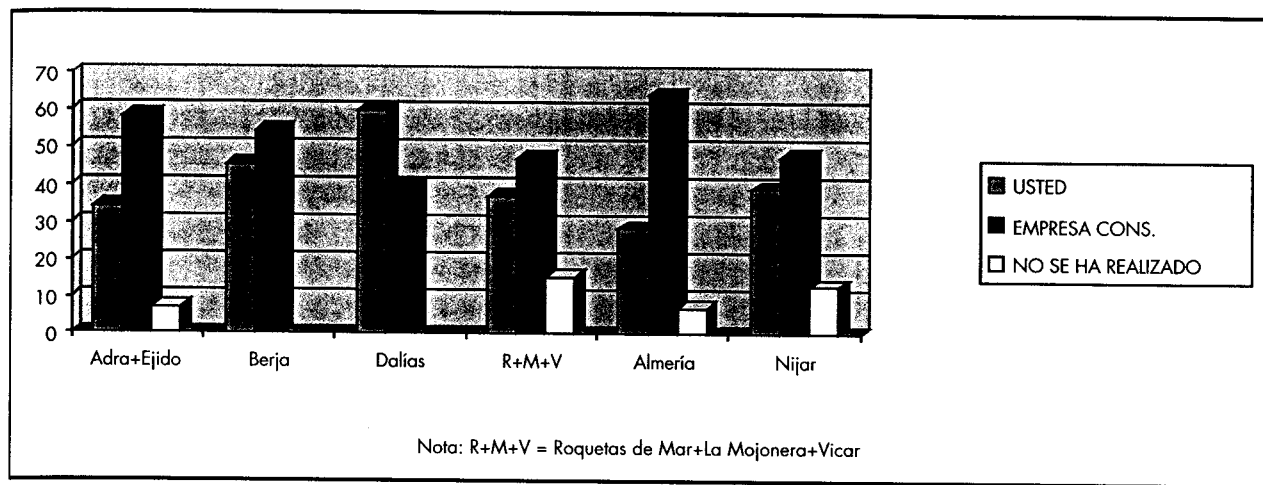


FIGURA 3. Quién realiza la cubicación de la balsa, según localización en la provincia de Almería.

nes locales de Níjar y El Ejido. En cuanto al lugar donde desembocan las canaletas, se observa que en todas las zonas predomina el vertido a la balsa, llegándose en Almería (85,7%) y Níjar (92,3%), siendo estas zonas donde el precio del m³ de agua es más alto, sumado a la baja calidad de las mismas obliga al agricultor a aprovechar al máximo los recursos naturales. Este último matiz fue corroborado cuando se preguntaba si consideraba viable el aprovechamiento del agua de lluvia, encontrándose en El Ejido (83,3%), Berja (66,7%), Dalías (70%), Roquetas (78,3%), mientras en Almería fue el 85,7% y en Níjar llegó al 95,7%, siendo estas diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 38,89$; gl = 5; $P < 0,001$). En el alto índice encontrado en El Ejido puede haber influido, la obligatoriedad del cumplimiento de las Normas Subsidiarias por parte de los agricultores.

2. ESTUDIOS PREVIOS

En la Figura 3, se representa quien interviene en la cubicación de la balsa, en las diferentes zonas objeto de estudio. Se observa, que en casi todas las zonas es mayoritariamente la empresa constructora la que toma la decisión, aunque hay un porcentaje muy alto de agricultores que deciden ellos el

volumen de agua a almacenar, siendo estas diferencias no significativas ($\chi^2 = 10,84$; gl = 5; $P < 0,1$). Esta actitud esta motivada por el coste de construcción, ya que este se calcula generalmente en función del volumen que se va a almacenar.

La decisión del lugar donde se va a ubicar la balsa en las diferentes áreas objeto de estudio se representa en la Figura 4, encontrándose que en todas las zonas es el agricultor quien decide donde ubicar la balsa, siendo estas diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 41,62$; gl = 4; $P < 0,001$). En cuanto a las razones que han motivado dicha decisión en El Ejido (51,5%), Berja (54,5%), Dalías (60%) y Roquetas de Mar (65,5%) fue la proximidad al invernadero. Por el contrario en Almería fue la altura del terreno con el 28,6% y en Níjar el aprovechamiento del agua de lluvia con el 47,9%. Los datos registrados presentaron diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 38,5$; gl = 5; $P < 0,001$). Dichas tendencias están motivadas por el precio y calidad del agua de riego, así en las zonas donde los precios son asequibles se busca la zona más próxima al invernadero, mientras que en las comarcas con precios altos ó baja calidad se busca el aprovechamiento de los recursos naturales.

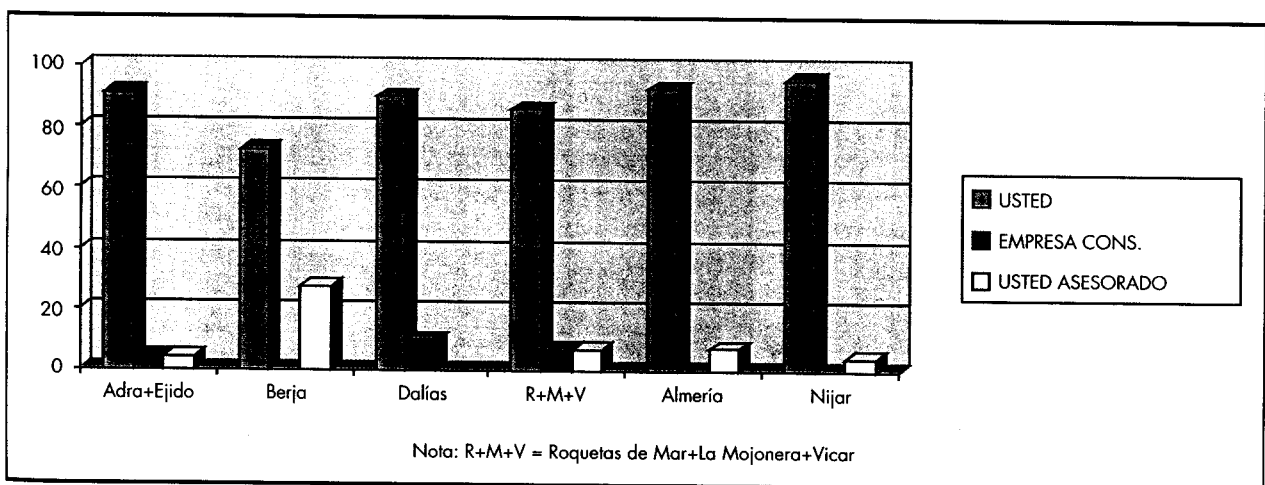


FIGURA 4. Quién decide la ubicación de la balsa.

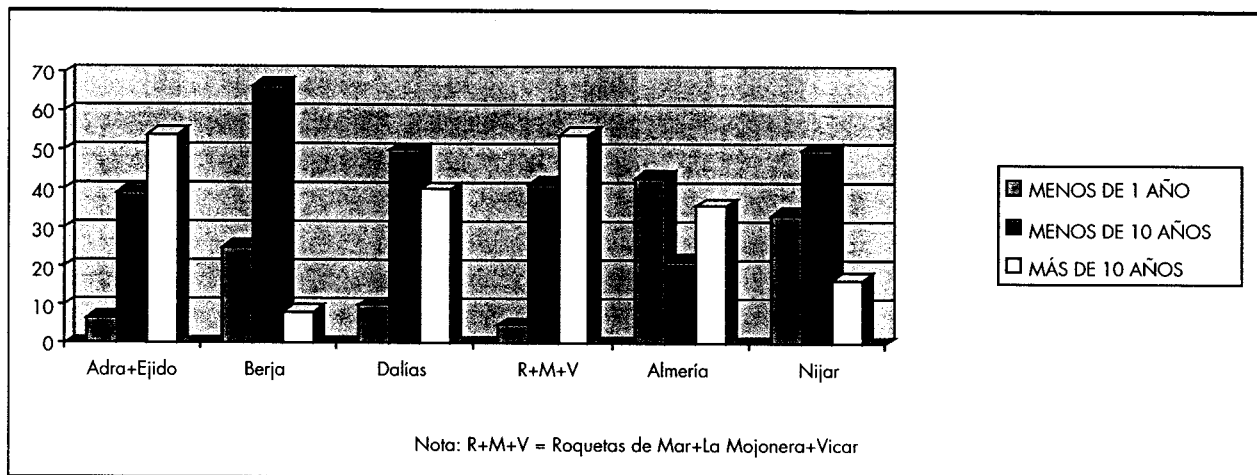


FIGURA 5. Antigüedad de la balsa.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA Balsa

La antigüedad de la balsa, según localización, se representa en la Figura 5. Los resultados obtenidos en la encuesta indican que las balsas más viejas (> 10 años) están en El Ejido y Roquetas de Mar y las más nuevas (< 1 año) en Almería, Níjar y Berja, esta tendencia está relacionada con el tiempo que una determinada zona lleva en el cultivo de hortalizas en invernadero, así en las comarcas del Ejido y Roquetas sus balsas tienen más edad, por que llevan más de 30 años con este sistema de cultivo. Las restantes zonas o bien llevan poco tiempo o como en el caso de Níjar, la explosión en la construcción de invernaderos sé esta produciendo en los últimos años, motivada tanto por el precio de la tierra como por la puesta en funcionamiento de nuevas tecnologías para desalar agua. Los resultados, en relación a la antigüedad de la balsa, presentaron diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 136,15$; $gl = 10$; $P < 0,001$).

En cuanto al tipo de Balsa, los resultados obtenidos en las encuestas indican que en todas las zonas predominan las balsas de hormigón con la excepción de Berja (41,6%) y Níjar (25%), siendo estos efectos altamente significativos ($\chi^2 = 100,71$; $gl = 5$; $P < 0,001$). Estos porcentajes indican que en

las áreas dónde los cultivos en invernadero, llevan muchos años predominan las balsas de hormigón (El Ejido, Roquetas, Vícar, La Mojenera, Almería y Dalías). Con la excepción de Níjar, donde la tradición de aprovechar el agua de lluvia ha contribuido a la implantación rápida de balsas impermeabilizadas que tienen un coste de construcción mucho más bajo. Una interpretación diferente tiene la zona de Berja, ya que hace pocos años que se ha incorporado al cultivo de hortalizas, partiendo del cultivo de la uva de mesa con riego a manta, ha optado en su mayor parte por las balsas impermeabilizadas, ya que han sido las que se han ido imponiendo en el mercado en los últimos años.

La geometría de la balsa dominante en todas las zonas fue la cuadrada. Igualmente se encontró que la mayoría de las balsas tienen una capacidad menor de 1000 m³, con la excepción de Níjar dónde la capacidad media está entre 1000-5000 m³, este hecho está relacionado tanto con él más bajo precio de la tierra en está zona como con la tradición apuntada anteriormente de aprovechar el agua de lluvia. Los datos encontrados para esta variable registraron diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 72,3$; $gl = 4$; $P < 0,001$).

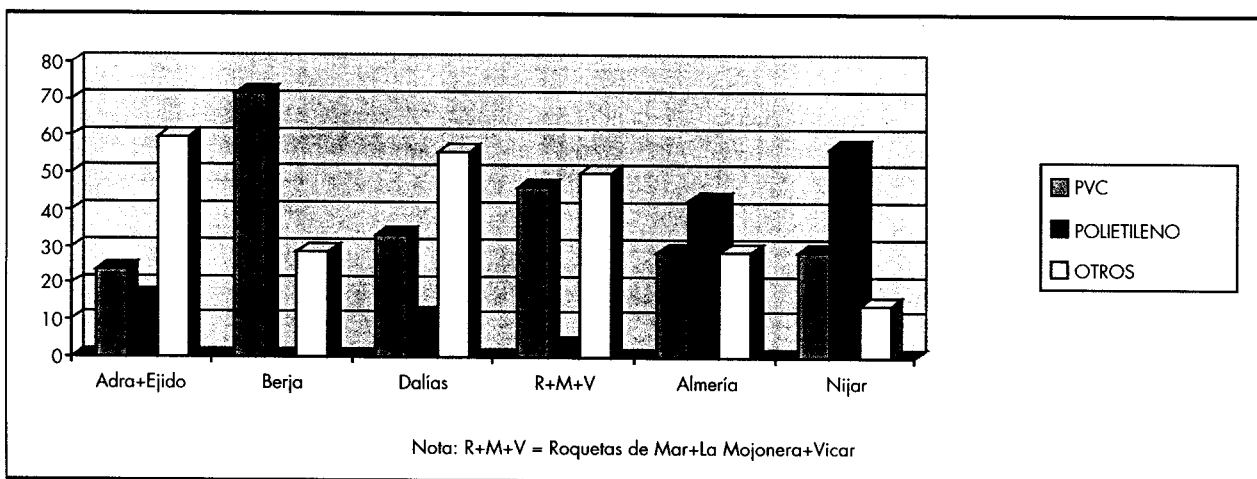


FIGURA 6. Tipo de material impermeabilizante.

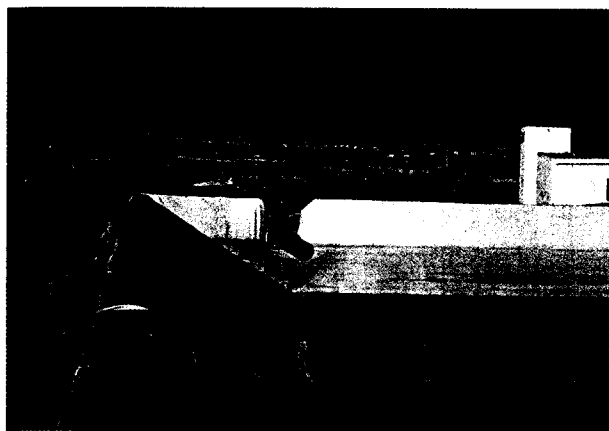


FIGURA 7. Embalse impermeabilizado con PVC.

4. DATOS TÉCNICOS DE LA BALSA

El tipo de anclajes que se utilizan para sujetar la lámina de geotextil, son en la mayoría de las zonas una zanja donde se embute la lamina y posteriormente se rellena, excepto en Níjar dónde en la zanja se coloca una viga de hormigón para sujetar al geotextil. Cabe señalar que un porcentaje muy alto de agricultores en todas las zonas desconocían como estaba sujeta la lámina. De la misma forma, a la pregunta si conocía la inclinación del talud de la balsa, un porcentaje muy bajo de encuestados respondió a esta pregunta y de estos la mayoría tenían inclinaciones de 90°, que está en consonancia con la geometría cuadrada-rectangular predominante en todas las áreas de estudio.

En la Figura 6, se refleja la distribución en porcentajes de los tipos de materiales utilizados en la impermeabilización de balsas por zonas, en la provincia de Almería. En cuatro de las zonas muestreadas predominó el PVC como material de impermeabilización (Fig. 7). Por el contrario en las restantes Almería (42,8%) y Níjar (57,1%) fue Polietileno de Alta Densidad el más utilizado. Las diferencias encontradas fueron altamente significativas ($\chi^2 = 44,18$; gl = 5; $P < 0,001$). Este hecho está relacionado con la capacidad de la balsa, así en las zonas donde éstas tienen dimensiones mayores se recurre al Polietileno de Alta Densidad, ya que este material necesita de máquinas especializadas para su colocación que

sólo pueden trabajar en superficies relativamente amplias. Sin embargo, con las balsas de dimensiones pequeñas, el único material impermeabilizante que se puede instalar manualmente es el PVC.

La disponibilidad de desagüe de fondo en la balsa esta por debajo del 50% en cuatro de las zonas estudiadas, excepto en Dalías y Almería, pero en estas áreas sigue habiendo un porcentaje alto de agricultores que no dispone de desagüe de fondo, siendo estas diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 39,09$; gl = 5; $P < 0,001$). Esta situación puede estar motivada por la utilización de riego por goteo de manera preponderante, que relega las funciones del desagüe de fondo, a su utilización en la limpieza de la balsa. Por tanto las construcciones que no disponen de desagüe de fondo, dichas operaciones sépticas se hace de forma manual ó simplemente no se realizan.

En cuanto a la disponibilidad de aliviadero (Figura 8), los resultados obtenidos muestran una franja que va del 16,1 al 30% de embalses que no disponen de aliviadero, esto lleva consigo un importante riesgo de inundación de zonas colindantes, en los casos de avería del motor que abastece la balsa y mayor aún en el supuesto de que el embalse sea receptor de agua de lluvia procedente de la cubierta del invernadero. Aunque las diferencias, entre zonas estudiadas, no fueron significativas ($\chi^2 = 15,02$; gl = 10; $P < 0,1$). Igualmente se aprecia en el estudio realizado en las seis zonas, que en-

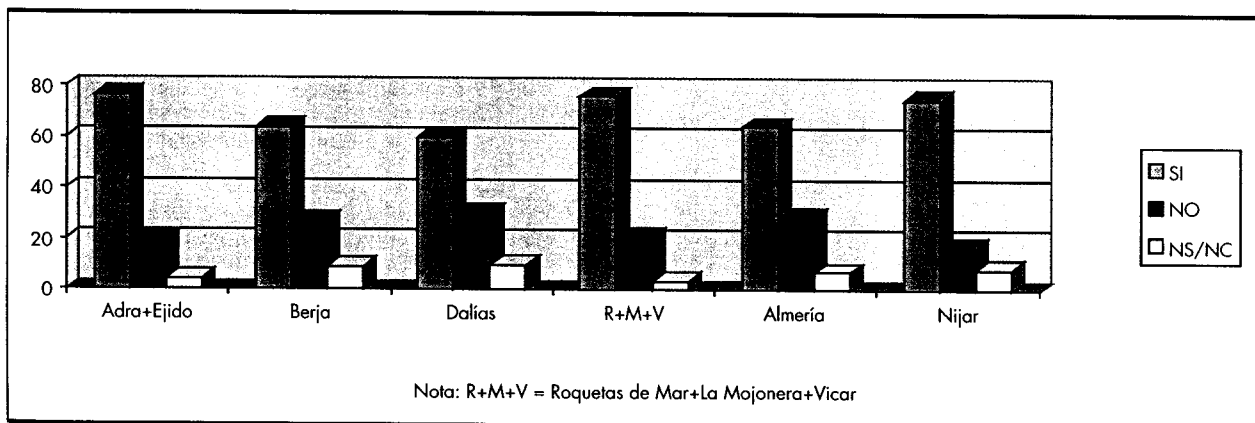


FIGURA 8. Disponibilidad de aliviadero.

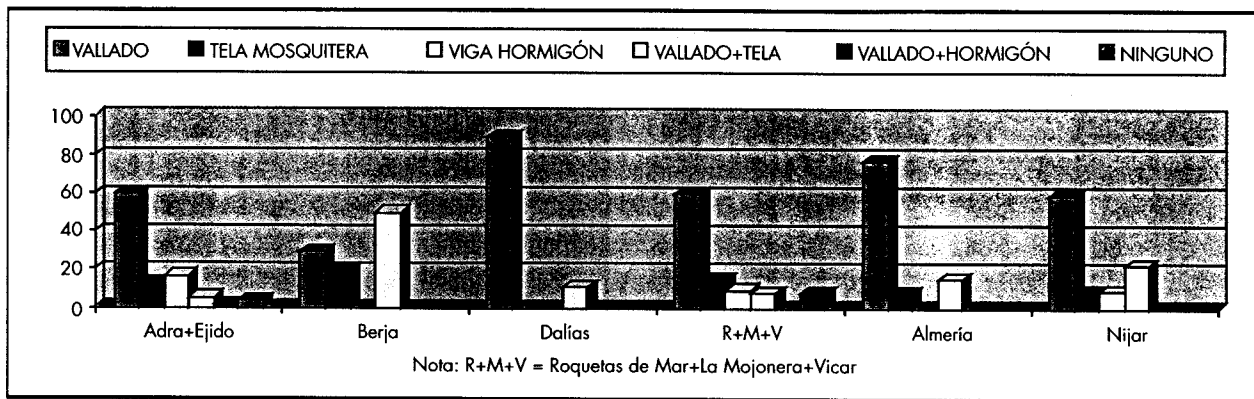


FIGURA 9. Elementos accesorios del embalse.

tre el 21,4% y el 60% de los embalses no disponen de filtro en la toma de agua, lo que acarrea una acumulación importante de residuos que incrementan las labores de limpieza. Los datos encontrados respecto a este factor presentaron diferencias altamente significativas ($\chi^2 = 55,37$; gl = 5; $P < 0,001$).

5. ELEMENTOS ACCESORIOS

Los elementos accesorios que lleva la balsa, se recogen en la Figura 9, donde se observa que en todas las zonas muestreadas predomina el vallado del perímetro y hay un porcentaje apreciable de agricultores que la cubren con tela mosquitera (Fig. 10), siendo estos efectos altamente significativos ($\chi^2 = 95,68$; gl = 5; $P < 0,001$). La cubierta de hormigón es más importante en las comarcas de El Ejido y Roquetas de Mar, donde la necesidad de aprovechar más el terreno disponible ha obligado a los agricultores a techar la balsa y colocar encima el almacén donde está ubicado el motor para riego por goteo. Es de tener en consideración en El Ejido (3,3%) y Roquetas (7,5%) los embalses que no tienen ningún tipo de protección frente a agentes externos, esto lleva un importante riesgo de accidentes, si bien este porcentaje esta relacionado con las balsas construidas en décadas pasadas, afortunadamente en las nuevas comarcas que se incorporan a la producción hortícola, las balsas llevan algún tipo de protección que evita el riesgo de accidentes innecesarios.



FIGURA 10. Embalse de grandes dimensiones cubierto de tela mosquitera.

CONCLUSIONES

La disponibilidad de canaletas para recoger agua de lluvia en invernaderos es predominante en la provincia de Almería y el agua recogida por éstas va en la mayor parte de los casos a la balsa, ya que existe una actitud bastante positiva de los agricultores en cuanto al aprovechamiento de los recursos naturales; si bien esta posición tiene motivaciones distintas, dependiendo tanto del precio del agua y su disponibilidad, como del desarrollo de Normas locales para regular los vertidos.

La capacidad de la balsa es decidida por la empresa constructora, sin embargo el lugar donde se ubica es elegido por el propio agricultor, teniendo varias razones para tomar una determinada decisión (proximidad del invernadero, altura del terreno, aprovechamiento del agua de lluvia). Todas estas decisiones están basadas fundamentalmente más en argumentos de tipo económico (precio de la tierra, precio y calidad del agua, coste de construcción/metro cubico de capacidad) que en la existencia de limitaciones técnicas.

En cuanto a las características de las balsas predominan las balsas de hormigón de dimensiones pequeñas, si bien en los últimos años se están imponiendo las balsas impermeabilizadas de mayores dimensiones que responden mejor para aprovechar el agua de lluvia. De la misma forma se constata que el material utilizado en la impermeabilización es el PVC en embalses pequeños y el Polietileno de Alta Densidad en embalses de dimensiones medias. Por último se vió que hay un importante número de embalses que no disponen de aliviadero y en el Campo de Dalias existe un porcentaje considerable de los mismos sin ningún tipo de protección (Vallado perimetral, tela mosquitera, etc.), esto lleva consigo el asumir tanto un riesgo de inundación de caminos y áreas colindantes como un riesgo de accidentes. Por tanto, queda a las corporaciones locales implicadas una importante labor de desarrollo de normativas y vigilancia que permitan aprovechar mejor los recursos naturales y eviten riesgos innecesarios a las personas y al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- GAÑEZ, J., 1991. *Proyecto y construcción de pequeños embalses de tierra impermeabilizados*. Riegos y Drenajes XXI, 7(51): 14-21.
- MAS, J.R. y SANTARRUFINA, E., 1991. *Experiencias con geosintéticos en la impermeabilización de pequeños embalses*. Riegos y Drenajes XXI, 7(56): 22-26.
- MUZAS, F., 1986. *Impermeabilización del vaso del embalse. Consideraciones sobre el proyecto. Diseño de bases drenantes*. Revista de Obras Públicas, 133: 111-120.