



PHICARIA

II ENCUENTROS INTERNACIONALES
DEL MEDITERRÁNEO

Del 19 al 21 de Abril de 2013

USO Y GESTIÓN
DE RECURSOS NATURALES
EN MEDIOS SEMIÁRIDOS
DEL ÁMBITO MEDITERRÁNEO



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL
DEL MAR



CAMPUS MARE NOSTRUM

**APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS EN ZONAS
SEMIÁRIDAS: LA EVAPORACIÓN EN BALSAS DE RIEGO Y
SUS POSIBLES SOLUCIONES**

VICTORIANO MARTÍNEZ ÁLVAREZ

APROVECHAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS EN ZONAS SEMIÁRIDAS: LA EVAPORACIÓN EN BALSAS DE RIEGO Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

VICTORIANO MARTÍNEZ ÁLVAREZ

Las balsas de regulación en los sistemas de distribución de riego.

La regulación de los recursos hídricos disponibles para adecuarlos a las demandas, especialmente en el riego agrícola, implica el almacenamiento temporal de agua. De esta manera, en los momentos en que los recursos superan a las demandas, se almacena el exceso de agua, mientras que cuando se produce la situación contraria, se consumen los excedentes previamente almacenados. La escala temporal de esta regulación varía notablemente en función de los fines perseguidos, pudiendo abarcar desde un año, para el caso de la regulación de cauces naturales, hasta unas pocas horas, cuando se pretende regular a lo largo del día el agua captada mediante pozos que sólo trabajan en horas de tarifa eléctrica reducida.

Uno de los principales objetivos de la gestión hidráulica es realizar correctamente esta regulación. Para ello suele ser necesario disponer de depósitos de almacenamiento, cuyo tamaño generalmente está relacionado con la escala temporal de la regulación que se pretende realizar. La regulación de grandes cuencas hidrográficas, de carácter interanual, está asociada a la construcción de grandes presas (de decenas a cientos de hm^3). La regulación de zonas regables importantes, de carácter estacional, está relacionada con embalses de cierta entidad (hasta varios hm^3). Finalmente, para la regulación a nivel de sector de riego o parcela, de carácter diario o semanal, será suficiente con embalses de tamaño más discreto (miles de m^3).

En este último caso, los embalses de poca profundidad construidos con taludes en tierra e impermeabilizados mediante geomembranas, popularmente denominados balsas (Figs. 1 y 2), ofrecen notables ventajas económicas, técnicas y administrativas frente a otras soluciones como las obras de hormigón, de fábrica o de mampostería. Estas ventajas han producido que las balsas de tierra impermeabilizadas con geomembranas se encuentren al alcance técnico y económico de la iniciativa privada, como son los pequeños grupos de agricultores y las empresas agrarias, por lo que han tenido una gran proliferación en las últimas décadas.

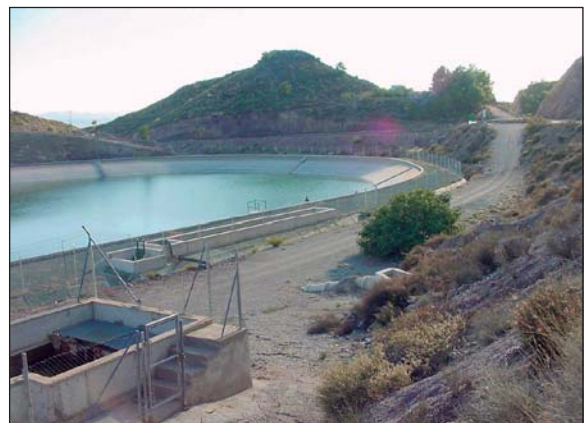


Figura 1. Balsa de regulación de riego.

Funciones de las balsas.

Aunque la principal función de las balsas de riego es la regulación entre recursos y demandas, se pueden clasificar en función del tipo de regulación y considerando otras funciones adicionales:

- **Regulación estacional.** El agua se almacena en los meses en que los recursos hídricos superan a las demandas de la zona de cultivo para, posteriormente, ser empleada cuando ocurre lo contrario. Suele ser el caso habitual en zonas regables que regulan sus propios recursos hídricos. La capacidad de embalse tendrá que ser suficiente para asegurar, en el período crítico, las necesidades de los cultivos en la zona regable.

- **Regulación funcional.** Su función es, dentro de una determinada estrategia de distribución de agua a escala de comunidad de regantes o de parcela, ajustar temporalmente los recursos distribuidos a las demandas de los cultivos. El período o tiempo de regulación varía de unos casos a otros, así una comunidad de regantes abastecida mediante un trasvase puede recibir esporádicamente grandes cantidades de agua, que debe ser capaz de regular para distribuirla de forma continuada. De forma semejante, un regante que recibe su dotación en un turno de riego, dispone de un volumen de agua con una determinada frecuencia, cuyo consumo deberá regular hasta el próximo turno de riego.

- **Reserva de seguridad.** En ciertas ocasiones se proyectan balsas de riego con el fin de garantizar la supervivencia del cultivo ante cualquier fallo en las instalaciones de suministro de agua o ante un período de escasez de recurso no previsto. Es un caso frecuente en cultivos asociados a inversiones importantes, como ocurre con los leñosos. En los casos en que los recursos hídricos se obtengan mediante captaciones subterráneas, se debe contar con un volumen de reserva suficiente para superar posibles averías en los equipos de impulsión o de suministro eléctrico.

- **Dominio de cota.** Además de las funciones anteriores, se puede requerir en la red de distribución una presión mínima para el correcto funcionamiento de los sistemas de riego en parcela. Para conseguirlo se localiza el embalse en una zona elevada respecto a las tierras a regar, de forma que se evite la necesidad de contar con estaciones de bombeo para inyección directa a red. El llenado se realiza por gravedad, en el caso de disponer del recurso en cotas superiores a la de la balsa, o bien mediante bombeo en horas de tarifa eléctrica reducida. Suelen ser balsas de grandes capacidades y pertenecientes a comunidades de regantes.

- **Oxigenación y decantación.** El agua de riego, como consecuencia de su origen, puede contener componentes químicos que, en presencia de oxígeno, pueden precipitar en forma de sales. Es el caso de los iones de hierro, azufre, man-

ganeso o sílice, cuya concentración se puede disminuir desde de 1 a 5 ppm hasta a 0,1 ppm mediante su almacenamiento temporal en balsas. En el caso de aguas procedentes de depuración, también se pueden conseguir disminuciones adicionales en el contenido de bacterias. Cuando se recoge el agua de escorrentía en arroyos o ríos, pueden decantarse los sólidos en suspensión mediante un período de almacenamiento.

- **Mezcla.** En numerosas ocasiones, los agricultores tienen acceso a distintas fuentes de abastecimiento, caracterizadas por presentar notables diferencias en su calidad para el riego. En estos casos los embalses pueden permitir la mezcla de aguas de distinta calidad y origen diverso, incrementando la disponibilidad de recursos hídricos.



Figura 2. Balsa en construcción. Instalación de la geomembrana.

Pérdidas de agua por evaporación en balsas.

Las pérdidas de agua por evaporación en embalses es un problema que, en zonas áridas como el sureste español, puede llegar a ser de notable importancia económica. Para el caso de balsas de regulación de riego, estas pérdidas pueden representar un porcentaje importante del volumen total de agua que regulan. Producen una baja eficiencia de almacenamiento, y por ende, afectan muy negativamente la eficiencia global de los sistemas de distribución de agua para riego.

Martínez Álvarez et al. (2008) identificaron, mediante el análisis de fotografías aéreas, cerca de 15.000 balsas de riego en la cuenca del Segura, las cuales ocupan un área próxima a las 5.000 ha (1,8% de la superficie regada). Mediante el desarrollo y validación de un modelo regional de evaporación, estimaron que las pérdidas de agua en dichos embalses alcanzaban los $60 \cdot 10^6$ m³ anuales, cifra que supone el 8% de los recursos hídricos destinados actualmente a riego agrícola en la cuenca. La figura 3 muestra la distribución de estas pérdidas.

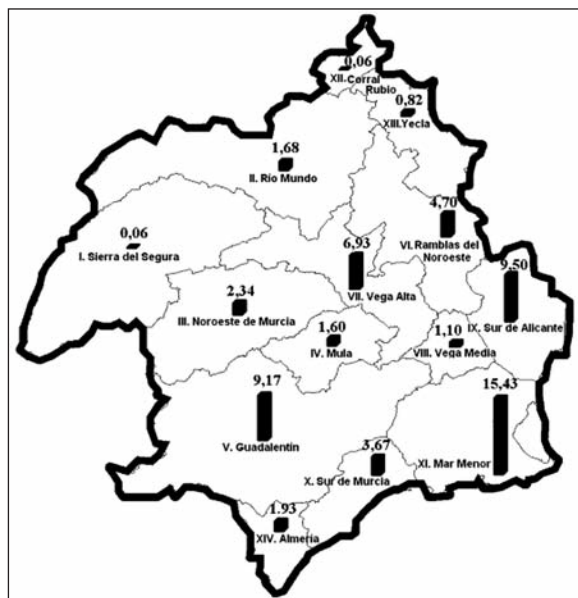


Figura 3. Distribución de las pérdidas de agua anuales por evaporación en la cuenca del Segura (hm³).

La alta concentración de balsas en la cuenca del Segura está justificada por varios motivos:

- En el caso de las pertenecientes a comunidades de regantes, sobre todo en las abastecidas mediante el trasvase Tajo-Segura o a partir de aguas subterráneas, se hace imprescindible disponer de grandes balsas para adaptar la disponibilidad temporal de los recursos a las demandas de los cultivos.
- En el caso de las pertenecientes a agricultores individuales, existe una falta de adaptación de los sistemas de distribución de agua (que generalmente están organizados mediante *turnos*) a las modernas técnicas de riego localizado y de alta frecuencia, que requieren un suministro *a la demanda*. Por esta circunstancia los agricultores se ven obligados a construir numerosas balsas de reducido tamaño en sus explotaciones que les permita adaptar la organización por turnos a sus necesidades continuas de agua para riego. En muchos casos, además están justificados por la necesidad de incrementar la disponibilidad de recursos hídricos mediante la mezcla de aguas de distinta calidad.

Reducción de las pérdidas de agua por evaporación.

La reducción de las pérdidas de agua por evaporación debe enfocarse desde un doble punto de vista. En primer lugar, resulta necesario eliminar los motivos que justifican la construcción masiva de este tipo de infraestructuras por los agricultores, tarea en la que debe implicarse la Administra-

ción y las Comunidades de Regantes. En este sentido, las actuaciones deben centrarse básicamente en la modernización de los sistemas de distribución de riego de forma que sean capaces de suministrar los caudales de riego de forma continua y con la presión necesaria para aplicar las técnicas de riego modernas, evitando la necesidad de construir balsas a escala de explotación agraria.

En segundo lugar, resulta necesario adoptar técnicas específicas destinadas a reducir la evaporación en los embalses existentes. Las técnicas investigadas con este fin son numerosas (Brown, 1988): aplicación de aceites o sustancias flotantes sintéticas poco volátiles, sistemas de mezcla para romper la estratificación térmica, aplicación de colorantes que modifiquen el *albedo* (es decir, la reflexión de la luz solar) del agua, empleo de árboles como cortavientos, etc., pero generalmente poco adecuadas para su empleo en balsas como consecuencia de su baja eficiencia o incompatibilidad con el uso agrícola del agua. Las técnicas más prometedoras consisten en la implantación de coberturas sobre los embalses, ya sean flotantes o suspendidas (Martínez Álvarez et al., 2006; Craig et al., 2005).

Actualmente, el empleo de coberturas de sombreado suspendidas (CSSs), de materiales ligeros y porosos (generalmente dobles *rafias de polietileno*), es la solución más desarrollada, dado que permite su instalación en embalses de gran tamaño mediante estructuras cableadas de bajo coste (Fig. 4).

El principal beneficio derivado de la aplicación de las coberturas de sombreado en balsas es la reducción de las pérdidas de agua por evaporación, lo cual permitiría reducir los volúmenes de agua adquiridos en la explotación, o bien, incrementar la superficie de cultivo bajo condiciones de déficit en el suministro. Otros beneficios asociados a la cobertura de balsas de riego es la mejora de la calidad del agua almacenada, reduciendo (i) el crecimiento normal de algas al disminuir los niveles de luz en la balsa, (ii) la entrada de suciedad y otras partículas volantes arrastradas por el viento, y (iii) la salinidad del agua almacenada.

En la Universidad Politécnica de Cartagena, el grupo de investigación *Diseño, Automatización y Control de Riegos e Invernaderos* lleva varios años estudiando la problemática recogida en este artículo, habiendo desarrollado varios proyectos de investigación para el estudio de las CSSs. El primer objetivo de estos trabajos es determinar la viabilidad técnica de empleo de CSSs mediante el análisis de los resultados experimentales obtenidos de la monitorización de varias masas de agua. Como segundo objetivo, se han identificado y valorado todos los costes y beneficios asociados a la instalación de CSSs con el fin de, mediante un análisis económico de inversiones, determinar la viabilidad económica de su instala-

ción en las condiciones actuales del regadío en el sureste español. Los resultados más prácticos obtenidos en estos proyectos se muestran a continuación.



Figura 4. Instalación de la cobertura de sombreo suspendida ATARSUN.

Viabilidad técnica de la instalación de coberturas de sombreo.

Entre mayo y septiembre de 2003, se estudió a pequeña escala la eficiencia de varias CSSs sobre tanques evaporímetros Clase-A. Estos ensayos se realizaron en la Estación Experimental de Investigación Agroalimentaria “Tomas Ferro” (ESEA) de la Universidad Politécnica de Cartagena (La Palma, Murcia). Se ensayaron CSSs de textil de polietileno (PE) de diferentes colores (negro, blanco, verde, azul y aluminizada) y con distintas configuraciones (cobertura simple y doble). Durante el periodo de experimentación, un tanque Clase-A permaneció descubierto, siendo su función la de tanque control, mientras que otro tanque fue cubierto sucesivamente con las CSSs mencionadas. Para ambos tanques se determinó la tasa de evaporación.

Se definió un factor de reducción, f_R (%), para establecer las relaciones entre las tasas de evaporación del tanque descubierto y las del tanque cubierto para cada cobertura:

$$f_R = \left(1 - \frac{E_m}{E_c} \right) \cdot 100 \tag{1}$$

Donde E_m (mm día⁻¹) es la evaporación del tanque con cobertura de sombreo y E_c (mm día⁻¹) es la evaporación del tanque control. Los valores obtenidos de f_R se muestran en la tabla 1.

Material de sombreo	f_R (%)	DE (%)
PE blanca	54,7	±1,7
Doble PE blanca	68,5	±2,5
PE negra	75,1	±5,8
Doble PE negra	83,5	±2,3
PE verde	76,2	±7,3
PE azul	77,6	±2,2
Aluminizada	51,5	±1,7
DE: Desviación estándar		

Tabla 1. Factor de reducción de la evaporación, f_R , producida por las diferentes coberturas de sombreo sobre tanque evaporímetro clase A.

Para determinar la eficiencia de las CSSs a una escala mayor, se está monitorizando durante dos años consecutivos (2007-2008) una balsa de riego de 2.500 m² de superficie y 5 m de profundidad (11.920 m³ de capacidad).

El primer año de experimentación la balsa permaneció descubierta con el fin de validar un modelo mecanicista de evaporación, basado en el balance de energía del cuerpo de agua. Este modelo permite obtener estimaciones diarias precisas de la evaporación a partir de las variables ambientales habitualmente registradas en las estaciones meteorológicas: velocidad del viento a 2 metros, temperatura del aire, radiación solar y humedad relativa. Para obtener estas variables se dispuso una estación meteorológica próxima a la balsa. Además se registró la tasa de evaporación en el embalse para validar el modelo.

Durante el segundo año de ensayos se instaló una CSS sobre la balsa de riego. La cobertura instalada se denomina comercialmente ATARSUN (distribuida por la empresa granadina ATARFIL) y consiste en un textil de polietileno doble

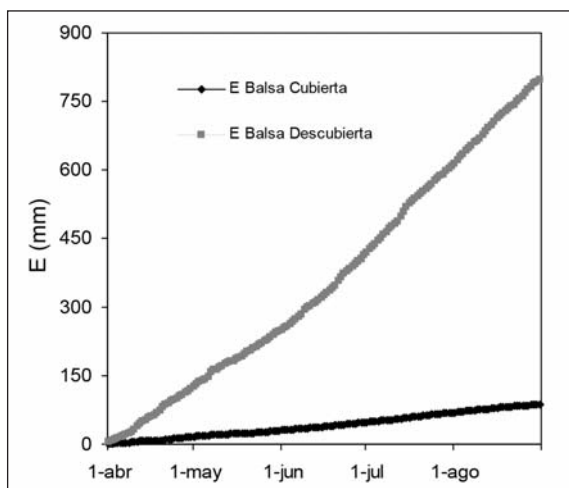


Figura 5. Evolución diaria de la tasa de evaporación acumulada para la balsa cubierta (CSS ATARSUN) y para la balsa descubierta.

	MES					
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Valor medio
f_R (%)	85,68	88,75	88,54	88,84	89,88	88,34

Tabla 2. Valor medio mensual del factor de reducción de la evaporación, f_R , obtenido con la CSS ATARSUN en la balsa de riego experimental (año 2008).

específicamente diseñado para esta aplicación. Se seleccionó este material por ser el que presentaba mayor factor de reducción (Tabla 1). La comparación de la tasa de evaporación obtenida mediante la aplicación del modelo (primer año de experimentación) y la registrada en la balsa cubierta (segundo año de experimentación) está permitiendo establecer los coeficientes reductores de la evaporación asociados al empleo de esta cobertura.

La figura 5 muestra la evolución diaria de la tasa de evaporación acumulada desde mayo de 2008 en la balsa de riego.

Se están obteniendo factores de reducción f_R próximos al 90%, como se puede observar en la tabla 2 para los meses experimentados:

Viabilidad económica de la instalación de coberturas de sombreo.

Para estudiar la viabilidad económica de la instalación de CSSs se analizó el indicador económico Tasa Interna de Rendimiento (TIR, %) de la inversión. Previamente se identificaron y valoraron tanto los beneficios (agua ahorrada y mejora en su calidad) como a los costes (coste de inversión inicial, costes financieros, mantenimiento y operación) adicionales asociados a la instalación de esta técnica.

Factores que afectan a los beneficios

La cantidad de agua ahorrada depende de la tasa de evaporación en la balsa de riego, de sus características geométricas y de la eficiencia de la cobertura de sombreo.

- Pérdidas por evaporación. Las pérdidas de agua por evaporación en una balsa de riego dependen estrechamente de su localización. La forma más sencilla de estimarla es mediante el uso de los registros en tanque evaporímetro Clase-A y la aplicación de un coeficiente experimental de tanque K_p , definido como la razón entre la evaporación en el embalse (E) y en el tanque (E_p). Martínez Álvarez et al. (2007) identificaron un rango de variación de E_p entre 1.600 y 2.000 mm año^{-1} en la cuenca del Segura. Por tanto, se han considerado tres niveles de evaporación en el embalse, correspondientes a valores de E_p de 1.600, 1.800 y 2.000 mm año^{-1} .

- Características de la balsa. Son varias las características de la balsa que afectan a las pérdidas por evaporación de la misma: área, profundidad y régimen de explotación. En este

estudio, se consideró una balsa de riego de 50 x 60 m^2 de superficie y 5 m de profundidad, (11.920 m^3 de capacidad). Estas dimensiones son bastante representativas de las balsas de riego existentes en la cuenca del Segura.

- Eficiencia de la cobertura de sombreo. Este es un factor totalmente dependiente de la calidad del material y de su instalación en la balsa de riego. Para la cobertura considerada (ATARSUN) se ha tomado un valor conservador del 80%.

- Valor del agua. La decisión final de la instalación de la CSS dependerá del retorno económico asociado al agua ahorrada en cada explotación. Se han considerado dos situaciones para valorar el agua ahorrada: (i) la ausencia de déficit en el suministro, que implica valorar el agua ahorrada a su precio de adquisición, y (ii) la existencia de un déficit en el suministro, que imposibilita el cultivo de la superficie total de la explotación, caso en el que el agua ahorrada permitiría incrementar la superficie de cultivo y por tanto puede valorarse en función del margen neto asociado al m^3 consumido en la explotación. En el primer caso, el coste de adquisición del agua en la cuenca del Segura depende de su origen, siendo valores representativos 0,15 € m^{-3} para aguas superficiales, 0,30 € m^{-3} para subterráneas y 0,50 € m^{-3} para desalada. Para el segundo caso, la tabla 3 muestra el margen neto por m^3 de agua para los cultivos más frecuentes de la cuenca del Segura.

Factores que afectan a los costes

Los principales costes que afectan a la viabilidad de la inversión son su instalación, mantenimiento y operación. Todos ellos dependen de las características físicas de la balsa.

- Coste de instalación. El coste de instalación recoge el coste de la CSS más la estructura de sustentación sobre la que se asienta la cobertura. Este es un coste variable y depende de varios factores: localización, acceso, viento, geometría y superficie de la balsa. En general, se pueden distinguir dos situaciones que afectan a los costes de instalación de la CSS, (i) la existencia de un muro perimetral donde realizar el anclaje de la cobertura y (ii) la carencia dicho muro. Cuando el muro de anclaje perimetral ha sido previamente instalado, los costes de instalación se sitúan próximos a 7,80 € m^{-2} (5,30 € m^{-2} para la estructura y 2,50 € m^{-2} para la cobertura de sombreo). En la segunda caso, la carencia del muro perimetral, obliga a su construcción, estimando su coste en 75 € por metro lineal.

Cultivo	Numero de explotaciones evaluadas	Media margen neto (€m ⁻³)
Tomate (invernadero)	5	6,2
Pimiento(invernadero)	5	4,0
Lechuga	9	1,3
Brocoli	4	0,55
Almendro	4	2,0
Naranja	4	1,8
Melocotonero	11	1,95

Tabla 3. Margen neto por m³ de agua usada para riego para los cultivos más frecuentes de la cuenca del Segura (Segura et al. 2006).

• Costes de operación y mantenimiento. Los costes de operación incluyen las comprobaciones visuales de la cobertura y la posible retirada de materiales depositados que puedan causar un daño posterior. Los costes de mantenimiento recogen todos los costes de posibles reparaciones o sustituciones causadas por rasguños en la cobertura producidos por animales o bien agentes meteorológicos. Empresarios del sector indican que estos costes son similares al beneficio obtenido con el aumento de vida útil de la membrana de impermeabilización de la balsa. Por este motivo en este estudio no se han tenido en cuenta los costes de operación y mantenimiento.

Situaciones estudiadas y supuestos generales

En una primera etapa (escenario general), se consideró el retorno económico del agua ahorrada bajo la influencia de

(i) los tres niveles de evaporación considerados ($E_p = 1.600, 1.800$ y $2.000 \text{ mm año}^{-1}$), (ii) la existencia o no de un murete de anclaje perimetral donde fijar la estructura y (iii) el valor unitario del agua, ya sea valorado al valor de adquisición del agua por parte del empresario o bien al coste de oportunidad del agua perdida ($0,1$ a 5 € m^{-3}).

En una segunda etapa (escenario con subvenciones), se estudiaron los efectos producidos por posibles subvenciones a la inversión (0 a 80%).

Con el fin de simplificar el estudio económico, se establecieron varios supuestos generales:

- Una tasa de actualización del 5% fue asumida para el cálculo de los indicadores económicos.

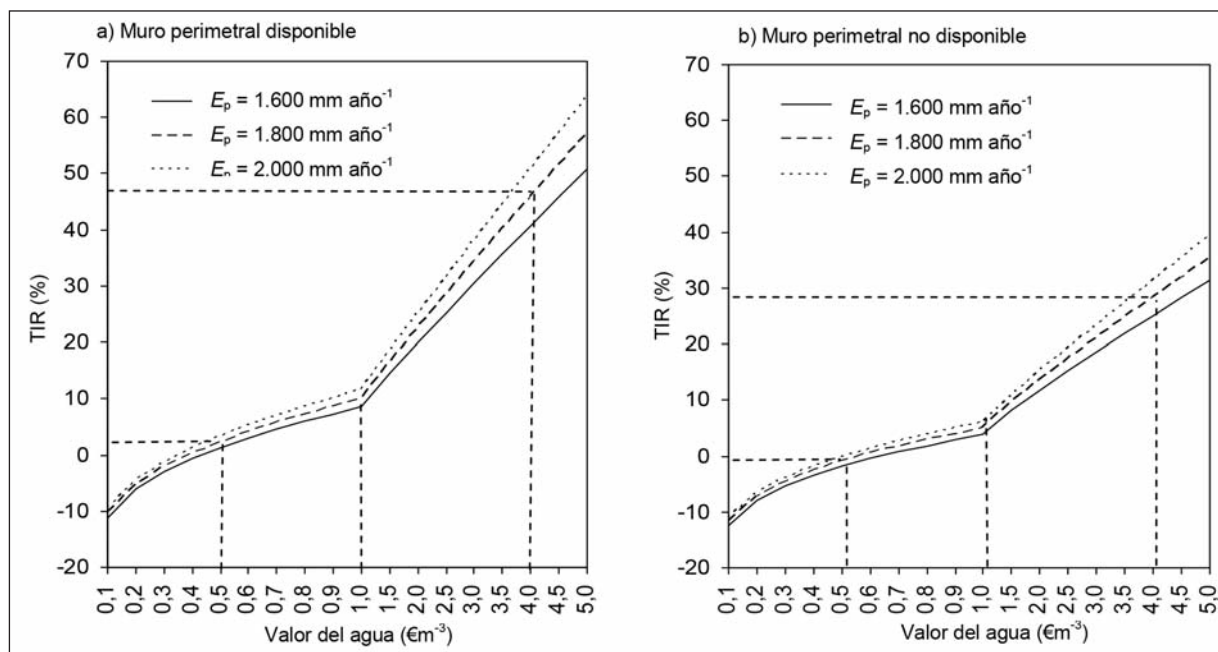


Figura 6. TIR de la situación general para tres niveles de evaporación en tanque (1.600, 1.800 y 2.000 mm año⁻¹). (a) muro perimetral existente y (b) muro perimetral no disponible.

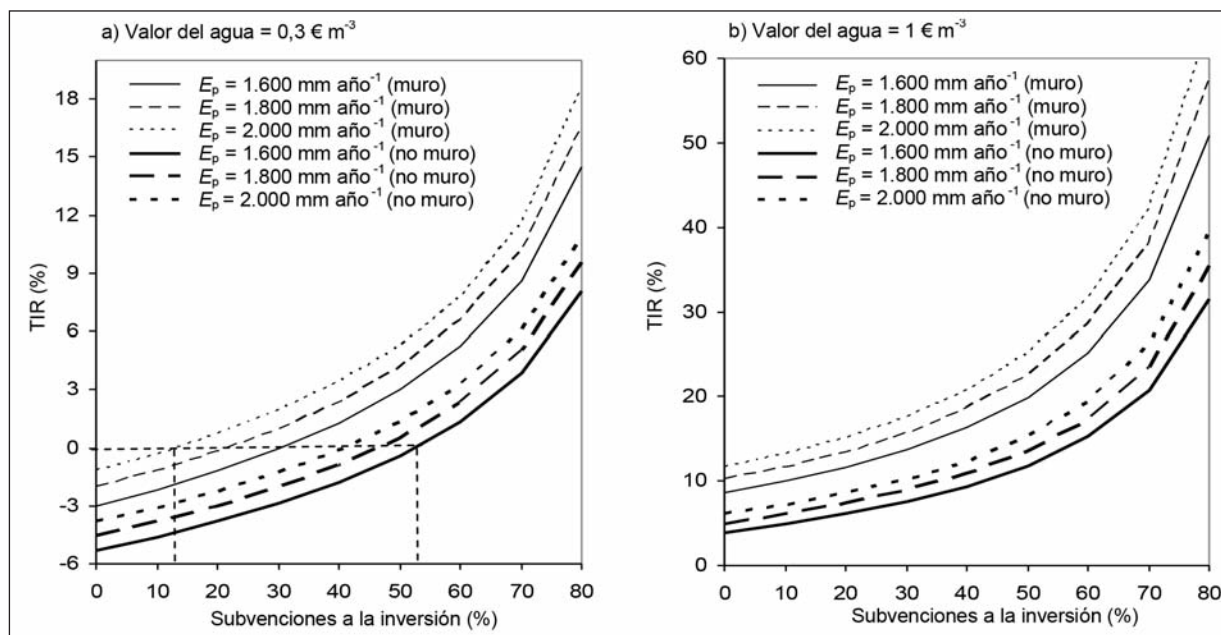


Figura 7. TIR introduciendo el porcentaje de subvención para tres niveles de evaporación en tanque (1.600, 1.800 y 2.000 mm año⁻¹) y situación de muro de anclaje perimetral disponible y no disponible. (a) y (b) corresponden con el valor de 0,3 y 1 € m⁻³ respectivamente.

- Un interés del 5% fue asumido en el cálculo del pago de la anualidad para financiar la inversión del capital.
- La vida útil de la estructura de sombreado se asumió a 30 años.
- La vida útil de la cobertura de sombreado se asumió a 15 años.
- No se consideran valores residuales de la estructura y la cobertura finalizada su vida útil.

Resultados del escenario general

La TIR obtenida se representa en la figura 6.

Los resultados muestran que la instalación de CSSs no es viable económicamente si el agua se valora al precio de adquisición (situación sin déficit hídrico). Para el mayor precio de adquisición considerado (0,5 € m⁻³) la TIR muestra un valor positivo del 2,5% y valores cercanos al 0% para los casos de muro disponible y no disponible respectivamente. Sin embargo, la instalación de CCSs resulta viable para mayoría de los cultivos cuando la disponibilidad de agua es un factor limitante para la producción. En este caso el valor del agua sería valorado en términos de margen neto (tabla 2) de los diferentes cultivos. Para el caso de pimiento bajo invernadero, cuyo margen neto es de 4 € m⁻³, la TIR sería de 46 y 28 % para la situación de muro disponible y no disponible respectivamente.

Resultados del escenario con subvenciones

La figura 7 presenta el efecto del posible rango de variación de subvenciones. Los resultados muestran un incremento exponencial positivo para la TIR al aumentar el nivel de subvención concedida. Las subvenciones resultan necesarias cuando el agua ahorrada se valora al precio de adquisición, mientras que parecen innecesarias en el caso de una valoración del agua ahorrada en términos de margen neto del cultivo. La subvención necesaria para obtener una TIR positiva cuando el precio del agua es 0,3 € m⁻³, osciló entre 12 % para la situación más favorable (baja tasa de evaporación y muro perimetral disponible) y el 52% para el caso más desfavorable (alta tasa de evaporación y muro perimetral no disponible). Para un valor del agua en torno a 1€ m⁻³, las subvenciones no son necesarias para obtener una viabilidad positiva.

Conclusiones.

Las pérdidas por evaporación en balsas de regulación de riego pueden ser elevadas, particularmente en las regiones áridas y semiáridas. El uso de CSSs representa una opción viable para reducir la evaporación y ahorrar importantes volúmenes de agua en estas zonas. Los resultados indican factores de reducción de la evaporación superiores al 80% para mallas dobles de PE negro. Por tanto, desde un punto de vista técnico, los sistemas de CSSs resultan eficientes como técnica reductora de la evaporación. Sin embargo, su elevado

coste requiere un estudio económico para analizar la viabilidad de estas inversiones. El análisis de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) indica que la viabilidad aumenta bajo situaciones de escasez de agua. Los precios actuales del agua de riego en el sureste español no resultan suficientes para justificar la inversión, pero subvenciones de la administración en torno al 40% ofrecen resultados positivos. Si se valora el agua en función del margen neto del m³ obtenido en la explotación, la inversión resulta viable para la práctica totalidad de cultivos de la zona (invernaderos, hortícola, frutales de hueso) por lo que bajo condiciones de suministro deficitario de agua, que limitan el cultivo de la superficie total de explotación, la inversión sí resulta viable. Bajo estas circunstancias, habituales en el sureste español, se confirma el interés de aplicar CSSs como técnica reductora de la evaporación de agua en regiones áridas y semiáridas.

Referencias.

Brown, J.A.H, 1988. The Potential for Reducing Open Water Evaporation Losses: A Review. Hydrology and Water Resources Symposium 1988. ANU, Camberra, Australia, 108-115.

Craig, I., Green, A., Scobie, M., Schmidt, E., 2005. Controlling Evaporation Loss from Water.

Storages. NCEA Publication No 1000580/1, Queensland, 207 pp.

Martínez Álvarez, V., Baille, A., Molina Martínez, J.M., González-Real, M.M., 2006. Efficiency of.

shading materials in reducing evaporation from free water surfaces. *Agricultural Water Management* 84,229-239.

Martínez Álvarez, V., González-Real, M.M., Baille, A., Maestre Valero, J.F., Gallego Elvira, B.

2008. Regional Assessment of Evaporation from Agricultural Irrigation Reservoirs in a Semiarid Climate. *Agricultural Water Management* 95: 1056-1066.

Segura, P., García, A., Costantini, B., 2006. Estudio técnico-económico de los procesos de producción agrícola y de transformación (manipulación y confección) de las principales orientaciones hortofrutícolas de la Región de Murcia. Asociación Murciana de Organizaciones de Productores Agrarios (AMOPA), Murcia, 591 pp.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la Fundación Séneca (Murcia, España) y al Ministerio de Educación y Ciencia (España) la financiación de este trabajo de investigación mediante los proyectos 02978/PI/05 y PET2005_0056 respectivamente.