

GESTIÓN DEL AGUA EN LA AGRICULTURA INTENSIVA

J. LÓPEZ - GÁLVEZ

INTRODUCCIÓN

El problema de la escasez de agua ha cobrado en los últimos tiempos un peso importante en la opinión pública, al apreciarse que no sólo algunos regadíos se están viendo privados de este recurso, sino que su privación también alcanza a los usuarios urbanos-industriales. Aunque tal situación de emergencia resulta, en parte, de la sucesión de una serie de años *malos* y aunque estemos habituados desde hace tiempo a quejarnos de la *pertinaz sequía*, también debemos de tener presente que la cada vez más abultada presión de los usos, contribuye a hacer que las situaciones *de emergencia* empiecen a sucederse con excesiva e inusitada frecuencia. Tradicionalmente, la ingeniería de abastecimiento ha venido colmando, sin más, las nuevas demandas con nuevos proyectos de captaciones, regulaciones y trasvases. Pero *el problema del agua* surgió a medida que estos proyectos se fueron extendiendo por un territorio peninsular en el que, al ser la aridez característica dominante, originaron conflictos sociales que evidenciaron la vertiente socioeconómica (y no sólo técnica) del problema. Lo cual exige la adopción de enfoques más amplios de los habituales que crucen la información técnica, con la económica posibilitando la negociación y los acuerdos sociales o, si se quiere, encarando no sólo el problema de la escasez física de agua sino de la escasez socialmente generada por la presión de las demandas y usos. La solución al *problema del agua* así planteado exige, por una parte, la constitución de unas asociaciones de usuarios que funcionen y, por otra, disponer de una información transparente y generalmente admitida sobre las disponibilidades y los usos del agua, sobre sus costes y sus precios,... que sirva de base para el cálculo económico y la negociación social. Habida cuenta que, según el anteproyecto del Plan Hidrológico, el riego demanda el 80% de los usos consuntivos y que constituye además el uso peor conocido, parece clara la conveniencia de desbrozar el oscurantismo que actualmente rodea a este uso en nuestro país, aportando la información requerida para mejorar su gestión y avanzar en la solución del actual *problema del agua*.

LA AGRICULTURA INTENSIVA

El concepto de agricultura ha sido tradicionalmente entendido como propio de actividades muy dependientes del medio físico natural. No debe pues extrañar que la prosperidad agrícola de una zona fuera concebida como algo consustancial con circunstancias favorables de suelo, clima y agua. La condición desfavorable de alguno de estos factores limitaría el potencial de diversas prácticas agrarias, hasta el punto de dar pie a prejuzgar que éstas perderían todo interés económico.

Diversas innovaciones tecnológicas contribuyen a atenuar las limitaciones anteriores. Así, la ausencia o escasez de suelo fértil ha sido paliada con la creación de suelo artificial, siendo el enarenado¹ uno de los más empleados. Éste, al igual que los restantes acolchados, reduce las pérdidas de agua del suelo (Doos et al., 1981; Mondaish et al., 1985). El desarrollo de técnicas de cultivos hidropónicos y sobre sustratos obliga a revisar la función tradicional del suelo como almacén de agua y nutrientes. Por otra parte, el empleo de invernaderos también modifica, total o parcialmente, las variables ambientales. Parece razonable pensar que, con las condiciones de cultivo así controladas, el factor limitante por excelencia será el agua; pero también a este respecto han podido desarrollarse logros notables durante los últimos treinta años, con sistemas de riego localizado.

Uno de los mayores exponentes de técnicas de producción intensiva, bajo abrigo plástico, en términos competitivos europeos, se encuentra en Almería. Aquí se ha desarrollado una agricultura poco convencional sostenida por la aplicación de agua y nutrientes a un medio en el que las condiciones naturales del sistema suelo-clima han sido parcialmente controladas. La clave del éxito está en relacionar de modo apropiado el control del suelo (con enarenados), el control del agua y nutrientes (con sistemas de riego por goteo) y el control del ambiente (con invernaderos pasivos² *tipo parral de Almería*). Estableciéndose una estructura productiva con bajos costes de inversión. Ésta consigue crear un microclima favorable que incrementa el rendimiento y la precocidad de los cultivos, siendo capaces de mantener su competitividad frente a técnicas de invernaderos más complejas y costosas desarrolladas en otras latitudes.

1. El enarenado es un suelo de cultivo típico del sureste español. Donde no existe suelo vegetal se aporta una capa de tierra de unos 20 cm, relativamente menos permeable que el suelo natural. Una vez preparado el terreno, y realizadas las obras de infraestructura de riego, se procede a la implantación del enarenado. Éste se realiza en parcelas que aún disponiendo de suelo, el agua utilizada para riego es salina. La primera operación a realizar es la aportación de estiércol, enterrándose una parte (aproximadamente 5 kg/m²) en el suelo natural o en la tierra aportada, incorporándolo mediante la última labor, para la que se suele emplear un rotovator. A continuación se pone una capa de unos 2 cm de estiércol. Por último se coloca una capa de arena de playa de unos 10 cm de espesor. De esta manera se tiene un suelo claramente estratificado siendo éstos muy diferentes tanto física como químicamente. La duración de la fertilidad del enarenado va a depender básicamente del estercolado practicado y de la intensidad, tipo y rotación de los cultivos. Es necesario cada cierto tiempo (entre 4 y 6 años) proceder a reponer el estiércol, esta operación se denomina «retraqueo» y consiste en apartar la arena e incorporar estiércol de la misma manera y en igual cantidad que en la formación del enarenado.

2. Un invernadero es pasivo cuando no dispone de aporte energético externo para modificar sus condiciones ambientales.

SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA

La investigación agraria no ha producido avances importantes en la determinación de los consumos hídricos de los cultivos intensivos. El consumo neto de agua de un cultivo o evapotranspiración (ETc), se relaciona con un valor de referencia (ETo) mediante la fórmula:

$$ETc = ETo \cdot Kc$$

Para la estimación de la ETo existen múltiples expresiones empíricas que utilizan para su cálculo variables climáticas (Doorenbos y Pruitt, 1977; Smith et al., 1991). Algunas de estas expresiones producen resultados aceptables, pero precisan de calibración local para adaptarlas a las condiciones climáticas propias del área donde se pretende aplicarlas. En el caso de cultivos intensivos, la inexistencia de praderas y estaciones meteorológicas situadas en el entorno de los mismos, ha impedido la calibración de estas expresiones en España. En los últimos años se han realizado esfuerzos apreciables para la determinación de los consumos de agua de los cultivos protegidos en la provincia de Almería (Castilla, 1986; López-Gálvez et al., 1990). Sin embargo, la inexistencia de datos de ETo ha impedido separar los efectos del clima y el cultivo.

Cuando la evapotranspiración del cultivo está limitada por el suministro hídrico (condiciones de déficit hídrico), todos los procesos morfofisiológicos se ven afectados, traduciéndose generalmente en una reducción de la producción (Bradford y Hsiao, 1992; Hsiao, 1973). La cuantificación de la respuesta de los cultivos a un déficit de ET (funciones de producción), es fundamental para optimizar las aportaciones de riego. En general, puede afirmarse que la relación producción/ET es lineal para la mayoría de los cultivos (Vaux y Pruitt, 1983). Si bien, la pendiente es función del cultivo y de las condiciones ambientales (Hans, 1983). El déficit hídrico aumenta la precocidad de la cosecha, lo que puede traducirse, en cultivos de crecimiento indeterminado, en una mayor producción bajo condiciones de estrés hídrico si la duración de la estación de crecimiento está limitada por factores climáticos, biológicos o comerciales (Orgaz et al., 1992). Este comportamiento, que supone una función de producción curvilínea, podría darse en los cultivos de hortalizas comestibles que bajo protección de polietileno se están cultivando en áreas de inviernos suaves. López-Gálvez (1990), en trabajos previos en judía y las investigaciones que se están desarrollando en la Estación Experimental 'Las Palmerillas'³ en tomate, sandía y berenjena bajo condiciones de *invernadero tipo Almería*, indican que una reducción importante en el suministro hídrico a estos cultivos no se ha traducido en reducciones en la producción. Parra y Cruz (1980) muestran que la salinidad que, presumiblemente, puede inducirse por continuos riegos deficitarios es mejor tolerada por las plantas que se riegan por métodos de alta frecuencia y, en algunos casos puede tener efectos positivos sobre la calidad comercial (Cruz et al., 1989).

En el caso de los cultivos intensivos resulta particularmente importante llamar la atención sobre la conveniencia de revisar las funciones de producción establecidas. Trabajos desarrollados

3. Respuesta del cultivo de tomate, sandía y berenjena al riego deficitario con alta frecuencia. Investigación en curso en la Estación Experimental 'Las Palmerillas'.

en la Estación Experimental ‘Las Palmerillas’, permiten contar con información sobre el funcionamiento físico de este tipo de cultivos, donde se muestran que las *recetas* comúnmente aplicadas no son, en muchos casos, las más eficientes.

Los modernos sistemas de riego localizado, unidos al modo peculiar de preparación del suelo propios de los *enarenados* del litoral almeriense, exigen un profundo replanteo de la economía del agua y de los nutrientes aplicados a los cultivos. Por una parte, estos nuevos sistemas alteran las funciones tradicionales del suelo como intermediario obligado entre el agricultor y la planta: no tratan de mantener el suelo como reserva de agua y nutrientes, sino de ofrecer éstos lo más directamente posible a la planta evitando pérdidas por evaporación y lixiviación. Cabe precisar que la técnica del enarenado, mejora la eficiencia en el uso del agua, al evitar pérdidas por evaporación, lo cual, unido al importante empleo de ese estabilizador natural del suelo que es la materia orgánica, permite amortiguar las posibles deficiencias en la calidad del agua y los nutrientes aplicados, dando al sistema una gran versatilidad.

Las preocupaciones recientes por acercar economía y medio ambiente, o por hacer *sostenible* el desarrollo, revalorizan el interés de estudiar las mejoras prácticas que se pueden introducir en estos sistemas. Pues los actuales sistemas de sobreexplotación y contaminación de acuíferos, hacen que la ley de mínimos, que rige tradicionalmente en agronomía el estudio de las necesidades de los cultivos, deba ser complementada con una ley de máximos que evite el despilfarro de agua, de nutrientes y la contaminación resultantes por lixiviación de éstos. Todo ello manteniendo los rendimientos de los cultivos. El hecho comúnmente observado de que se riegue, se abone y se trate *demasiado*, apoya el interés práctico de este enfoque, cuyos resultados apuntan a mejorar conjuntamente la economía individual y monetaria de las fincas y aquella otra del uso de los ecosistemas de los que éstas dependen. López-Gálvez et al. (1991) y Naredo et al. (1992) muestran la existencia de amplios márgenes para mejorar la gestión a las dos escalas mencionadas (parcela y ecosistema) sin que sufran los rendimientos obtenidos.

Aunque el suministro hídrico óptimo se ha definido como el aporte de la evapotranspiración del cultivo (ETc) para no generar limitación en su crecimiento (Doorenbos y Pruitt, 1977). Algunos autores, en el caso de cultivos hortícolas, sugieren regar al 80% ETc, en sistemas de riego por goteo, incrementando así la eficiencia del uso del agua aunque el desarrollo vegetativo de la planta sea menor (Laberche et al., 1977). El manejo de pequeños déficit hídricos puede permitir acortar el período de crecimiento vegetativo adelantando el inicio de floración y fructificación, sin detrimento del potencial productivo, siempre que se limite el estrés hídrico en la fase floración-crecimiento del fruto (Vaysse, 1981; Cruz, 1978).

PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

La adecuada programación del riego trata de optimizar el agua aplicada a la parcela dando respuesta a dos preguntas:

- a) ¿Cuánta agua debo aportar al cultivo?
- b) ¿Cuándo debo aportársela?.

En el caso de sistemas de riego de alta frecuencia de aplicación, la respuesta a la segunda pregunta tiene un sentido más académico que real. Los sistemas de goteo se caracterizan, además de por su alta frecuencia, porque los procesos de infiltración, distribución y evapotranspiración son casi simultáneos. Esta característica hace que, en la programación mediante balance hídrico, el papel del suelo como reserva de agua sea marginal.

Como respuesta a la primera pregunta cabe decir que todo programa de riego debe tender a mantener el suministro de agua a los cultivos en cantidades que optimicen la producción cosechable. Además, la concentración salina en el suelo, a largo plazo, no debe sobrepasar determinados umbrales, con el fin de mantener su productividad.

La aplicación de la ecuación del balance hídrico a un sistema suelo-planta determinado permite el cálculo de la evapotranspiración (ET), durante un tiempo dado. El concepto de ET integra el proceso de evaporación desde el suelo y el de transpiración de las plantas. La ET es igual a la diferencia entre las entradas [riego (R), lluvia (LL)] y las salidas [filtración o ascenso capilar (D), escorrentía (Es), variación en el período considerado del contenido de humedad del suelo (DHs)]. Por tanto, se obtiene por medición directa de todos los términos anteriores.

$$ET = R + LL - (D + Es + \Delta Hs) \quad (1)$$

En el caso del riego por goteo manejado con alta frecuencia es de esperar ΔHs sea próxima a cero, e igual debe ocurrir con el término Es , si el sistema se maneja adecuadamente y el terreno no presenta pendientes pronunciadas. La ecuación (1) se reducirá a:

$$ET = R + LL - D \quad (2)$$

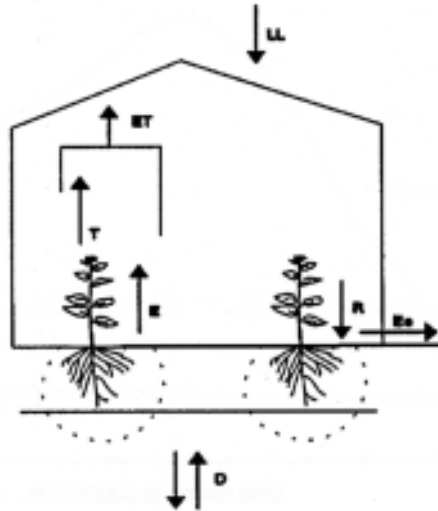


Figura 1.- Componentes del balance hídrico en un cultivo por goteo en invernadero.

La expresión (2) es válida en invernaderos con cubierta plana que desaguan el agua de lluvia en su interior.

En invernaderos que evacuan toda el agua de lluvia al exterior ($LL = 0$), la expresión de la ET es:

$$ET = R - D \quad (3)$$

Evapotranspiración de referencia

La ET es la suma de dos procesos difícilmente cuantificables por separado. Éstos dependen de parámetros climáticos, de cultivo y de la disponibilidad de agua en el suelo. Dada la complejidad para su determinación, se ha ideado el concepto de evapotranspiración de referencia (ET_o ó ET_r). La ET_o ó ET_r se refiere a la evapotranspiración de cultivos tipificados, de gramíneas (ET_o) o alfalfa (ET_r), en los que su ET sólo está condicionada por factores meteorológicos. Estos conceptos sirven como dato de partida para el cálculo de la evapotranspiración de cada cultivo (ET_c). Una y otra se relacionan mediante el coeficiente de cultivo (K_c)

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (4)$$

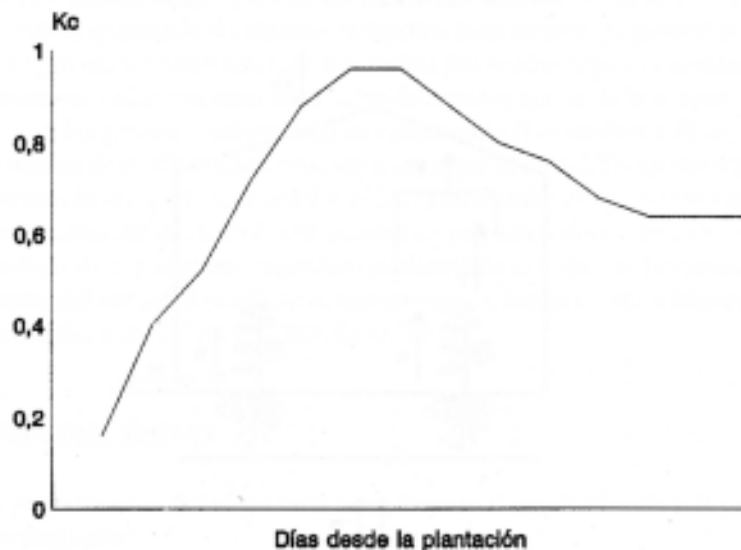


Figura 2.- Curva típica de K_c para un cultivo de tomate en *invernadero parral* transplantedo en otoño

El coeficiente de cultivo viene afectado, fundamentalmente, por las características del cultivo, la fecha de siembra o trasplante, la duración del ciclo y la intensidad de desarrollo.

Los métodos de medición de la evapotranspiración pueden ser: hidrológicos (basados en el balance hídrico) y micrometeorológicos (basados en el transporte de vapor -aerodinámicos - y en el balance de energía). Sólo se comentarán los métodos hidrológicos. Éstos exigen el uso de lisímetros. Un lisímetro es un dispositivo que contiene un volumen conocido de suelo circundante, del que debe ser representativo. Con ellos se pueden medir todos los términos de la ecuación del balance. Además, permiten la calibración de las fórmulas empíricas.

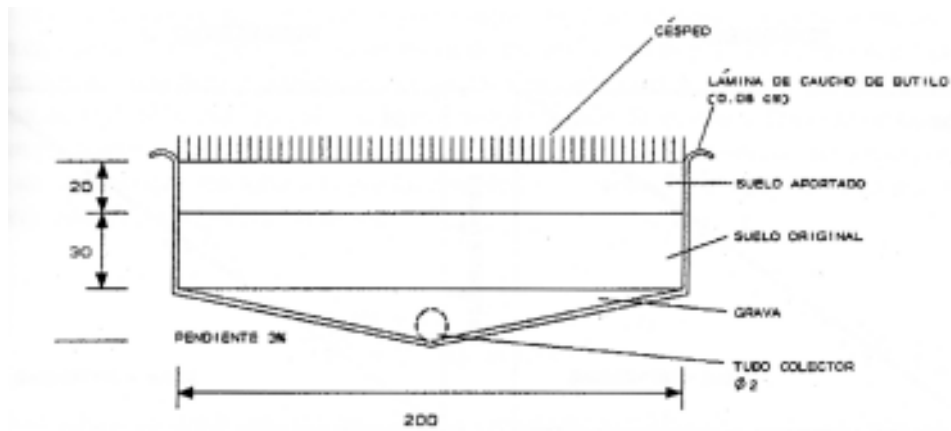


Figura 3.- Sección transversal del lisímetro de drenaje (cotas en cm.).

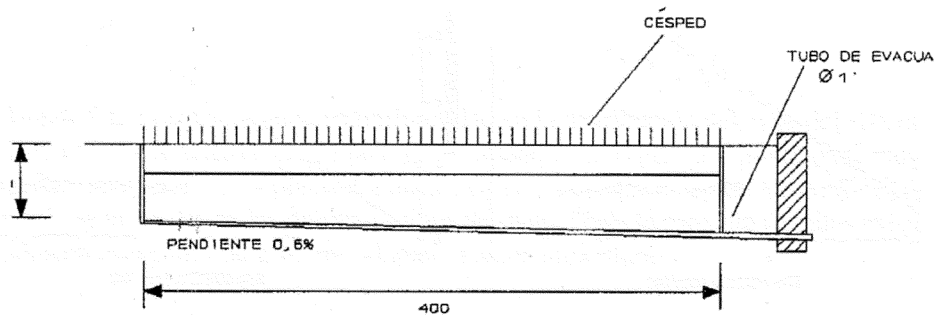
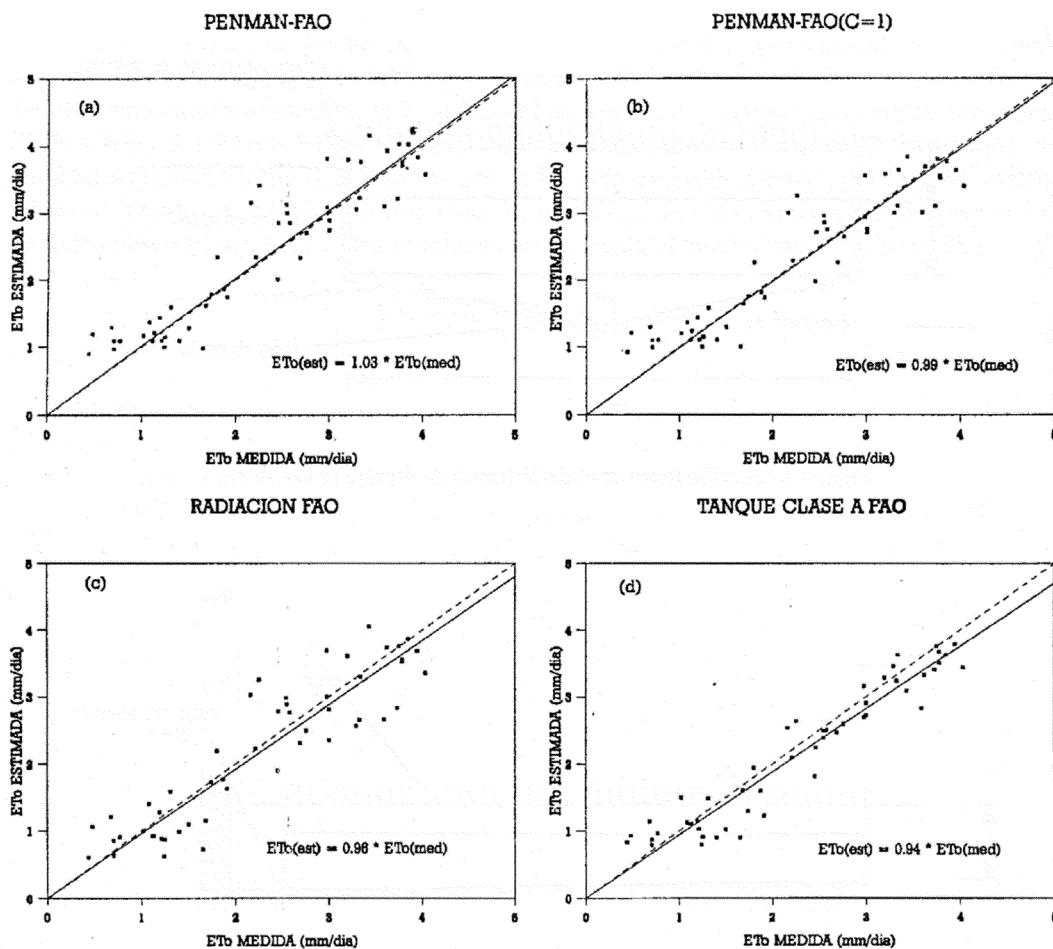


Figura 4.- Sección longitudinal del lisímetro de drenaje (cotas en cm.).

Los métodos de estimación de la ETo se basan en su correlación con datos meteorológicos. Se han desarrollado muchas fórmulas empíricas que hacen corresponder las medidas microclimáticas con una ET que supuestamente debe producirse. Los resultados derivados de estas relaciones empíricas sólo son válidas, en principio, para las condiciones climáticas donde el valor de sus parámetros ha sido previamente calibrado con medidas reales.

Las siguientes figuras muestran la comparación entre los valores medios en invernadero y los estimados por los métodos Radiación-FAO, Penman-FAO con y sin factor de corrección y Tanque Clase A-FAO.(Fernández et al., 1994)



La cantidad de agua neta a aplicar en cada riego se deduce de la expresión 3.

$$R = ET - D \quad (5)$$

Si no existe una capa freática cercana a la superficie del suelo, la expresión anterior queda reducida a:

$$R = ET \quad (6)$$

Las aguas de riego tienen en mayor o menor medidas distintas sales en solución. La forma en que se distribuyen éstas, en el perfil de un suelo regado por goteo, depende fundamentalmente de su textura y estructura, del caudal y uniformidad de distribución del agua del sistema, de la distribución radical y de la fracción de lavado. Se define la fracción de lavado (RL) como la mínima cantidad de drenaje necesaria para mantener la salinidad del suelo por debajo de un umbral, que afectaría a la producción de los cultivos. En el caso de riego por goteo se puede adoptar la siguiente expresión:

$$RL = \frac{CEa}{(2Max CEe)} \quad (7)$$

donde: CEa es la conductividad eléctrica del agua de riego y Max CEe es la conductividad eléctrica del extracto de saturación máxima tolerable para un cultivo determinado. El cuadro 1 muestra la disminución en el rendimiento de distintos cultivos en función de la salinidad.

Conocida RL podemos obtener las necesidades de riego brutas (NRB) mediante la expresión:

$$NRB = \frac{R}{CU (1 - RL)} \quad (8)$$

Donde CU es el coeficiente de uniformidad en la distribución del agua del sistema.

Este control de sales en el campo regado supondría unas pérdidas por drenaje muy importantes. Para reducir éstas es preciso realizar experimentos que estudien los patrones de movimiento de agua y sales en los diferentes tipos de suelo. Dada la carencia de datos existentes en relación con este punto, se propone adoptar el siguiente criterio:

$$NRB = \frac{R}{CU} \quad \text{si } CU < (1 - RL) \quad (9)$$

O bien:

$$\text{NRB} = \frac{R}{(1 - \text{RL})} \text{ si } \text{CU} > (1 - \text{RL}) \quad (10)$$

Otros métodos utilizados para la programación son:

* Los basados en medidas en el suelo utilizando como parámetros el potencial matricial que se obtiene con la ayuda de tensiómetros. O mediante medidas del contenido de agua en suelo. Para esto, determina: el agua gravimétrica, que se obtiene multiplicando el contenido gravimétrico por la densidad aparente del suelo, o bien, el contenido volumétrico de agua en el suelo, para lo que puede utilizarse la sonda de neutrones, o mediante un equipo TDR.

* Los basados en medida de planta utilizando como parámetro el potencial hídrico de la planta. Para ello se utiliza la cámara de presión, o bien, la temperatura del cultivo, utilizando para ello sensores de radiación infrarroja.

Cuadro I.- Tolerancia a la salinidad de las principales hortalizas. Disminución de rendimientos

Cultivo	0%		10%		25%		50%		Máx CEe
	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa	CEe	CEa	
Habas	1,6	1,1	2,6	1,8	4,2	2,0	6,8	4,5	12,0
Fresa	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4,0
Remolacha	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4	15,0
Brócoli	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5	13,5
Tomate	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0	12,5
Pepino	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10,0
Melón	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1	16,0
Espinacas	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7	15,0
Coles	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6	12,0
Patata	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Maíz dulce	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0
Pimiento	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,5
Lechuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4	9,0
Rábano	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	2,1	5,0	3,4	9,0
Cebolla	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,5
Zanahoria	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1	8,0
Judías	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4	6,5

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en dS/m a 25°C.

CEa = Conductividad eléctrica del agua de riego en dS/m a 25°C.

CEe máxima = La máxima conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, en dS/m a 25°C que puede producirse debido a la absorción de agua de suelo por parte de los cultivos a fin de satisfacer su demanda de evapotranspiración.

TRABAJOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL 'LAS PALMERILLAS'

Desde la Estación Experimental 'Las Palmerillas' un grupo de Instituciones privadas y públicas (Caja Rural de Almería, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Fundación Argentaria, Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería y Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera) está financiando un programa de trabajo que con el título de 'PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN DIRIGIDO A EVALUAR RESPUESTAS PRODUCTIVAS AL AGUA DE LOS CULTIVOS PROTEGIDOS DE MAYOR INTERÉS ECONÓMICO EN EL ÁREA MEDITERRÁNEA', que está siendo desarrollado por un grupo de científicos y técnicos multidisciplinares.

Este programa con una duración de seis años, del que ya se han concretado los dos primeros, consta de cuatro partes, siendo los objetivos de cada una de ellas los que siguen:

Primera Parte:

- 1.- Calibración y evaluación de diversos métodos de cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o), para las condiciones de invernadero con cerramiento de polietileno, y obtención de los coeficientes de cultivo máximos de los principales cultivos. Este objetivo permitirá la identificación de aquellos métodos más adecuados para la estimación de la evapotranspiración máxima de los cultivos en estas condiciones.
- 2.- Evaluación de la respuesta al riego deficitario de alta frecuencia de los principales cultivos protegidos y determinación de las dotaciones óptimas de riego.
- 3.- Desarrollar y verificar un modelo de simulación del balance de energía en un invernadero, para el cálculo de evaporación y transpiración y su aplicación al análisis de estrategias de ahorro de agua.

Segunda Parte:

Evaluar las consecuencias que se derivan de seleccionar diferentes presiones de trabajo. A este respecto, conviene comparar dos procedimientos complementarios:

- 1.- Estimación de resultados teóricos a partir de los datos experimentales correspondientes a sistemas en estudio. Se basa en los principios propios del flujo en sistemas a presión y con emisores cuyas fórmulas de pérdidas de carga y de gastos son conocidas. Es necesaria la obtención de datos experimentales determinados directamente en goteros y en ramales.
- 2.- Evaluación experimental de sistemas, bajo condiciones controladas. El procedimiento ha sido puesto a punto con pruebas iniciadas en la Estación Experimental «Las Palmerillas».
- 3.- Extensión y asistencia técnica. Los regantes de distintas zonas podrán apreciar, directamente, la respuesta de diferentes materiales de goteo servidos por el mercado. Así mismo, podrán interpretarse las consecuencias prácticas, tanto desde el punto de vista de la producción como del coste imputable a los riegos aplicados, de que sean modificadas la presión de servicio y el tiempo de operación.

Tercera Parte:

Esta parte de la investigación persigue dos objetivos bien diferenciados al proponerse evaluar económicamente la gestión del agua a dos escalas distintas:

- 1.- A escala de parcela. Este objetivo se cubrirá con los datos obtenidos experimentalmente en la Primera Parte de este programa que se precisan más adelante. Esta información se completará con los datos de ingresos y costos reales imputados para cada alternativa, extrayendo los saldos y ratios más significativos para evaluar el interés económico de los mismos.
- 2.- A escala de acuífero y de comunidades de regantes. Se estudiará cómo el marco institucional, la mentalidad y el nivel organizativo de los regantes, condiciona la gestión del agua y se buscarán alternativas mejorantes, teniendo en cuenta las soluciones aportadas en otros espacios con problemas similares. El cumplimiento de este objetivo exigirá, también, estudiar cómo se ha ido formando dicho marco institucional, a fin de ver en qué medida refleja la búsqueda de intereses generales o particulares, a corto o largo plazo, limitados a un reducido grupo o generalizables al conjunto de los agricultores de la zona objeto de estudio (este segundo objetivo limitado al Campo de Dalías su ámbito de estudio, durante los dos primeros años de la investigación, se ha extendido al Campo de Cartagena).

Cuarta Parte:

- 1.- Determinación de la respuesta productiva de los cultivos a distintas estrategias de riego.
- 2.- Evaluación del acolchado plástico como técnica de mejora de la eficiencia del agua.
- 3.- Evaluación de la salinidad del suelo en los diferentes tratamientos de agua de riego.

Con este trabajo se pretende suministrar información que permita aportar datos para racionalizar el uso del agua en los cultivos intensivos del sureste español.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bradford, K.J. y T.C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress. En O.L. Lange y cols. (ed) *Encyclopedia of planta physiology*, N.S. *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*. Springer-Verlag, Berlin/New York.
- Castilla, N. 1986. Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería. Necesidades Hídricas y extracción de nutrientes del cultivo del tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Tesis Doctoral. Caja Rural de Almería. 195 pp.
- Cruz Romero, G. 1978. Adaptación de cultivos de regadíos a condiciones de sequía y salinidad. *ITEA* 32: 9-21.
- Cruz Romero, G. Llorca, R. Ribes, M. y I. Bautista. 1989. Subirrigation and drip irrigation of melon with saline water. *Acta Horticulturae*, 278: 221-226.
- Doorenbos, J. y W.O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper* 24. FAO Roma.

- Doos, B.D., J.L. Turner y L.E. Evans. 1981. Influence of tillage, nitrogen and rye cover crop on growth and yield of tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 95-97.
- Fernández, M^a.D., F. Orgaz, F. Villalobos y J. López-Gálvez. 1994. Evaluación de métodos de cálculo de la evaporación de referencia bajo condiciones de invernadero en Almería. XII Jornadas Técnicas sobre Riegos. Pamplona-España: 63-69.
- Hanks, R.J. 1983. Yield and water-use relationships: An overview. P.393-411. In H.M. Taylor et al. (ed.) *limitations to efficient water use in crop production*, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. of Plant Physiol.* 24: 519-570.
- Laberche, J.C.; M. Musard et O. de Villele. 1977. Les irrigations sous abri. *B.T. I - 317*: 185 - 193.
- López-Gálvez, J.; A. Gallego y F. Bretones. 1990. Necesidades de riego en berenjena cultivada sobre suelo enarenado bajo abrigo plástico. VIII Jornadas Técnicas sobre Riegos. Mérida (Badajoz).
- López-Gálvez, J. 1991. Productividad de la judía verde sobre enarenado bajo invernadero en Almería. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S.I. Agrónomos. pp
- López-Gálvez, J.; J. Sánchez-Carreño; J.M. Naredo y N. Castilla. 1991. The improvement of the low cost Almería greenhouse type: technical-economical possibilities. *Plasticulture* nº 90: 4-14.
- Mondaish, A.S., R. Horton y D. Kirkham. 1985. Soil water evaporation supresion by sand mulches. *Soil Sci.* 139: 357-361.
- Naredo, J.; J. Sánchez-Carreño y J. López-Gálvez. 1992. Los cultivos bajo plástico en el área de Almería. XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura.
- Orgaz, F; L. Mateos y E. Fereres. 1992. Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. *Agronomy Journal*. Julio-Agosto.
- Parra, M.A. y G. Cruz Romero 1980. On the dependence of salt tolerance of beans on soil water matric potentials. *Plant and Soil*, 53: 3-16.
- Smith, M.; A. Segeren; L. Santos Pereira; A. Porrier and R. Allen. 1991. Report on the expert consultation our procedures for revision of FAO guidelines of prediction of crop water requirements. LWDD, FAO. Roma.
- Vaisse, P. 1981. Water stress response of tomato under protected culture on drip irrigation. *Acta Horticulturae*. 119: 285-291
- Vaux, H.J.; Jr. y W.O. Pruitt. 1983. Crop-water production functions. p. 61-97, In D. Hillel (ed.) *Advances in irrigation*. Vol. 2. Academic Press, New York.