

CAPITULO 5

Práctica del riego. Manejo.

► 5.1 INTRODUCCIÓN.

Cada sistema que se utiliza en hidroponía suele requerir un determinado manejo del riego con objeto de obtener el máximo rendimiento del mismo.

Debe de entenderse por «sistema» al conjunto unitario formado por el sustrato, presentado de una forma definida y con un volumen determinado.

En la práctica del riego, además de tratar de cubrir las necesidades hídricas de la planta, hay que asegurarse de que las raíces estén bien oxigenadas y ello dependerá de tres factores:

- Características físicas del sustrato.
- Volumen de sustrato por planta.
- Bondad de funcionamiento de los drenajes.

Hay otros factores que también tienen influencia en la oxigenación de las raíces pero son más difíciles de controlar. Por ejemplo, la concentración del oxígeno en el aire, a una presión constante, disminuye con el aumento de la temperatura. El Cuadro 5.1 muestra los contenidos de oxígeno del aire a la presión atmosférica y para distintas temperaturas.

Los problemas con las altas temperaturas vienen dados principalmente por una deficiente alimentación de oxígeno por las raíces de las plantas. Esto ocurre porque la solubilidad del oxígeno en agua disminuye al aumentar la temperatura. Parcialmente queda compensada esta anomalía por una mayor difusión del gas con temperaturas altas. No obstante es también cierto que las necesidades de oxigenación de las raíces son mayores con temperaturas altas puesto que suele haber, en estos casos, un mayor metabolismo y la correcta alimentación de oxígeno no queda asegurada.

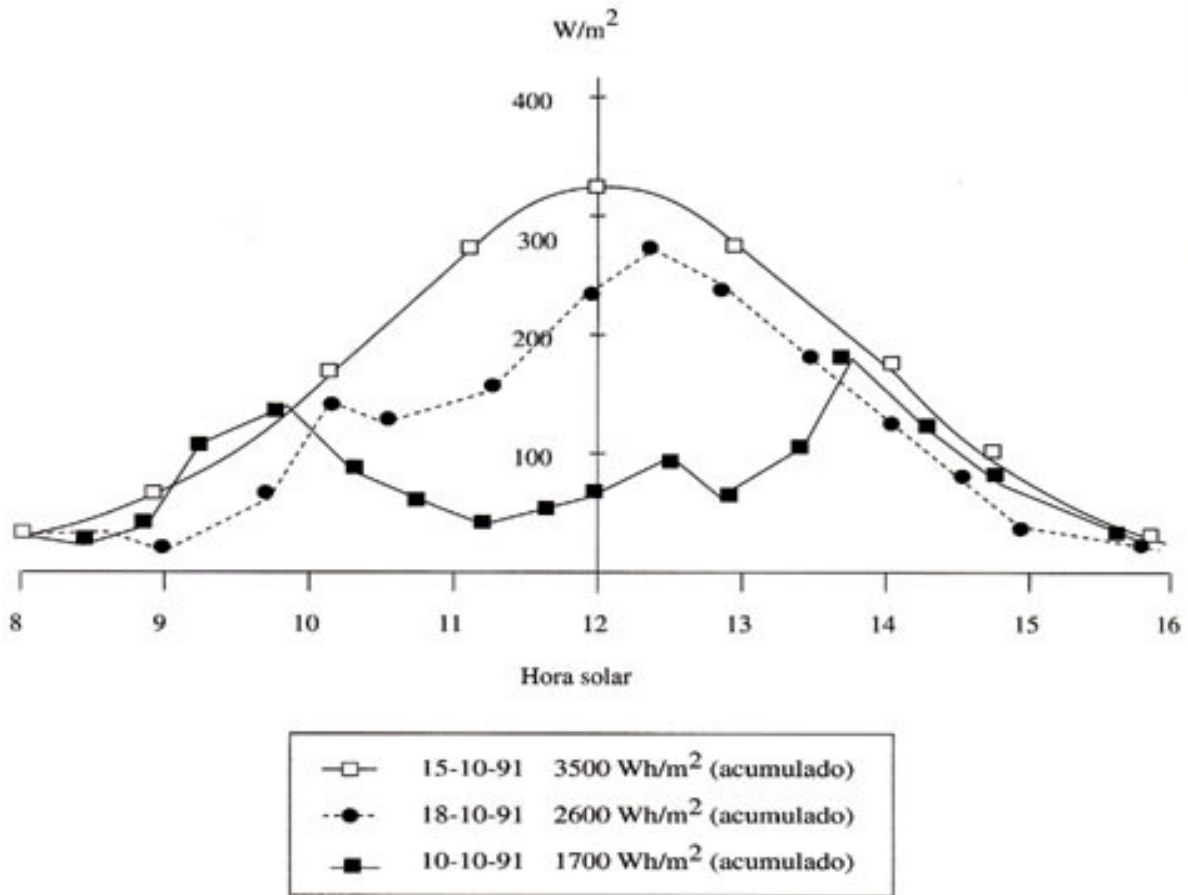
Los volúmenes de sustrato que se emplean en los sistemas de cultivo sin suelo, por razones de economía, suelen ser reducidos. En algunos casos el sistema no es capaz de almacenar las necesidades de agua del cultivo para un día. Además se ha de tener en cuenta que, en condiciones óptimas, un sustrato ideal debe tener, según autores, el 30% de su volumen lleno de aire. Por lo tanto no se aconseja realizar aportes de agua que saturen e inunden el sustrato. Estos hechos llevan a la conclusión de que en casi todos los sistemas de cultivo sin suelo es preciso realizar varios riegos a lo largo del día. El número de riegos que se deba dar dependerá de tres factores:

- El sistema de cultivo: características físicas del sustrato y volumen de sustrato por planta o m².
- La planta: especie y/o variedad y estado de desarrollo.
- La climatología.

Como se verá más adelante, cuantificando estos factores, es posible determinar el número de riegos que se aportarán a un cultivo en un momento determinado. De los cálculos teóricos que se realicen, se obtiene un dato que ha de ser contrastado por las metodologías de control que se describirán en este mismo capítulo, pero que ha de ser, sobre todo, compatible con el sistema de riego de que se disponga, puesto que a un mayor número de riegos, suele corresponderle un menor coeficiente de uniformidad de riego.

En efecto, es muy frecuente encontrar instalaciones mal diseñadas en las que al final de cada riego, las tuberías de distribución descargan el agua en los emisores situados en el punto más bajo. Esto quiere decir que las plantas allí situadas reciben más agua de la prevista en el tiempo de riego. Por el contrario, al comienzo de cada riego, se tarda un cierto tiempo en ir llenándose las tuberías y a las plantas situadas en la parte más alta les llega más tarde el agua del riego.

Figura 5.1:
Radiación solar medida al aire libre en Balanegra (Almería).



Esta situación hace que al aumentar el número de riegos, las diferencias de agua recibidas por distintas zonas de un sector de riego puedan ser muy grandes y los desarrollos de las plantas dispares.

5.2 DOTACIÓN O CICLO DE RIEGO.

Se entiende por dotación o ciclo de riego la cantidad de agua que se aporta en un riego. La forma correcta de medir las dotaciones de riego es relacionando un cierto volumen de agua con una unidad de superficie. Un modo de expresión muy común es la de mm de altura de agua y que es equivalente a litros por metro cuadrado en el caso de riego localizado y metros cúbicos por Ha en el caso del riego tradicional. En cultivos sin suelo se utiliza también la expresión de litros por planta.

Para el caso de los cultivos sin suelo, y dado que la

Cuadro 5.1:

Temperatura	mg de O ₂ por l de aire
0°C	14,16
10°C	10,67
20°C	8,64
35°C	7,04

mayoría de los programadores de riego lo hacen por tiempos, es muy común hablar de dotaciones de riego utilizando la expresión de minutos de riego. No debe caerse en el error de identificar un mismo tiempo de riego con una misma dotación de riego. Para cada instalación, y dependiendo de la presión de trabajo, del emisor y del número de emisores por unidad de cultivo, existirá una correlación entre tiempo de riego y dotación de riego.

Lo más correcto es expresar el ciclo de riego como los litros de agua aportados en cada riego por cada unidad de cultivo considerada. Esta unidad puede ser el metro cuadrado de superficie cultivada o el metro lineal, saco o tabla de sustrato.

Cada sistema de riego tendrá un ciclo mínimo que no debe de ser alterado. Esta dotación mínima se puede calcular realizando una prueba de uniformidad de riego en la que se incluirá, en los aforos, las descargas entre riegos. De esta forma se puede cuantificar el agua que arrojan los emisores después de finalizar el riego y calcular el porcentaje sobre el agua aforada en el tiempo de riego, calculando el tiempo mínimo de riego que se ha de dar para que al añadirle el agua de descarga después del riego, el coeficiente de uniformidad no descienda del 90%.

La dotación de riego está en función del sistema de cultivo y las características de la instalación de riego.

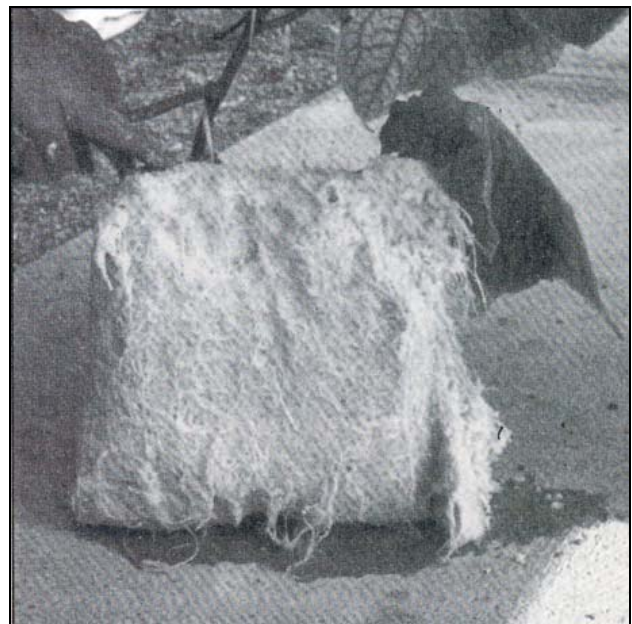
5.3 FRECUENCIA DE RIEGO.

Por frecuencia de riego se entiende el número de riegos que se dan por unidad de tiempo. En riego tradicional por inundación es normal la frecuencia de dos riegos por mes, mientras que en riego por goteo la normalidad se puede situar en un riego cada dos días. En los cultivos sin suelo la frecuencia es de varios riegos por día.

Hay dos formas de manejar el riego. Por frecuencia constante y dotación variable o por frecuencia variable y dotación constante. El modo más lógico de plantearse la programación del riego en los cultivos sin suelo es la del segundo caso que se ha mencionado. Una vez que se ha determinado la dotación mínima por cada riego se van variando las frecuencias de riego de acuerdo con las necesidades del cultivo. En la Figura 5.1 se muestran las curvas de radiación para tres días del mes de octubre. Nótese cómo la radiación recibida, y por lo tanto las necesidades de agua de las plantas, pueden variar de forma importante de un día para otro. Pero lo más importante es observar que a lo largo de un día de insolación normal, las necesidades de agua de la planta son variables, y se acumulan en las horas centrales del mediodía solar.



Vista de las raíces de pepino en tablas de lana de roca.



Volumen de raíces durante un cultivo de pepinos en perlita.

Cuadro 5.2:

Riego n°	1	2	3	4	5	6	7	8	Media
Caso «A»	50%	30%	20%	5%	0%	10%	10%	35%	20%
Caso «B»	30%	25%	20%	15%	10%	15%	20%	25%	20%

Cuadro 5.3:

Variacion de la CE con la temperatura

CE ₂₅ -CE ₁ x ft								
C	F	ft	C	F	ft	C	F	ft
3,0	37,4	1,709	22,0	71,6	1,064	29,0	84,2	0,925
4,0	39,2	1,660	22,2	72,0	1,060	29,2	84,6	0,921
5,0	41,0	1,613	22,4	72,3	1,055	29,4	84,9	0,918
6,0	42,8	1,569	22,6	72,7	1,051	29,6	85,3	0,914
7,0	44,6	1,528	22,8	73,0	1,047	29,8	85,6	0,911
8,0	46,4	1,488	23,0	73,4	1,043	30,0	86,0	0,907
9,0	48,2	1,448	23,2	73,8	1,038	30,2	86,4	0,904
10,0	50,0	1,411	23,4	74,1	1,034	30,4	86,7	0,901
11,0	51,8	1,375	23,6	74,5	1,029	30,6	87,1	0,897
12,0	53,6	1,341	23,8	74,8	1,025	30,8	87,4	0,894
13,0	55,4	1,309	24,0	75,2	1,020	31,0	87,7	0,890
14,0	57,2	1,277	24,2	75,6	1,016	31,2	88,2	0,887
15,0	59,0	1,247	24,4	75,9	1,012	31,4	88,5	0,884
16,0	60,8	1,280	24,6	76,3	1,008	31,6	88,9	0,880
17,0	62,6	1,189	24,8	76,6	1,004	31,8	89,2	0,877
18,0	64,4	1,163	25,0	77,0	1,000	32,0	89,6	0,873
18,2	64,8	1,157	25,2	77,4	0,996	32,2	90,0	0,870
18,4	65,1	1,152	25,4	77,7	0,992	32,4	90,3	0,867
18,6	65,5	1,147	25,6	78,1	0,998	32,6	90,7	0,864
18,8	65,8	1,142	25,8	78,5	0,983	32,8	91,0	0,861
19,0	66,2	1,136	26,0	78,8	0,979	33,0	91,4	0,858
19,2	66,6	1,131	26,2	79,2	0,975	34,0	93,2	0,843
19,4	66,9	1,127	26,4	79,5	0,971	35,0	95,0	0,829
19,6	67,3	1,122	26,6	79,9	0,967	36,0	96,8	0,815
19,8	67,6	1,117	26,8	80,2	0,964	37,0	98,6	0,801
20,0	68,0	1,112	27,0	80,6	0,960	38,0	100,2	0,788
20,2	68,4	1,107	27,2	81,0	0,956	39,0	102,2	0,775
20,4	68,7	1,102	27,4	81,3	0,953	40,0	104,0	0,763
20,6	69,1	1,097	27,6	81,7	0,950	41,0	105,8	0,750
20,8	69,4	1,092	27,8	82,0	0,947	42,0	107,6	0,739
21,0	69,8	1,087	28,0	82,4	0,943	43,0	109,4	0,727
21,2	70,2	1,082	28,2	82,8	0,940	44,0	111,2	0,716
21,4	70,5	1,078	28,4	83,1	0,936	45,0	113,0	0,705
21,6	70,9	1,073	28,6	83,5	0,932	46,0	114,8	0,694
21,8	71,2	1,068	28,8	83,8	0,929	47,0	116,6	0,683

Esto quiere decir que para los sistemas de cultivo sin suelo que se utilizan, con baja capacidad de almacenamiento de agua, si se mantiene a lo largo del día una frecuencia de riego constante, las plantas van a tener deficiencia de agua en las horas del mediodía y en los riegos de la mañana y la tarde se va a perder mucha agua. Por lo tanto, la frecuencia del riego ha de ir variando y aproximándose lo más exactamente posible a la curva diaria de necesidades de agua del cultivo.

En épocas de temperaturas altas, es decir, en todos los meses del verano, a finales de la primavera y principios del otoño, y en invernaderos sin posibilidades de control de las temperaturas, en las horas centrales del día las plantas tienden a contrarrestar los excesos de calor y cierran sus estomas disminuyendo la transpiración y por lo tanto el consumo de agua. Esto se comprueba fácilmente cuando se miden los drenajes de los riegos del mediodía y no se ha realizado previamente el ajuste corrector de la frecuencia de riego.

Por la noche no es necesario regar puesto que las necesidades hídricas de las plantas son muy pequeñas, y en la práctica despreciables. No obstante, en condiciones difíciles de salinidad pueden aprovecharse las horas nocturnas para dar algún riego de lavado de sales.

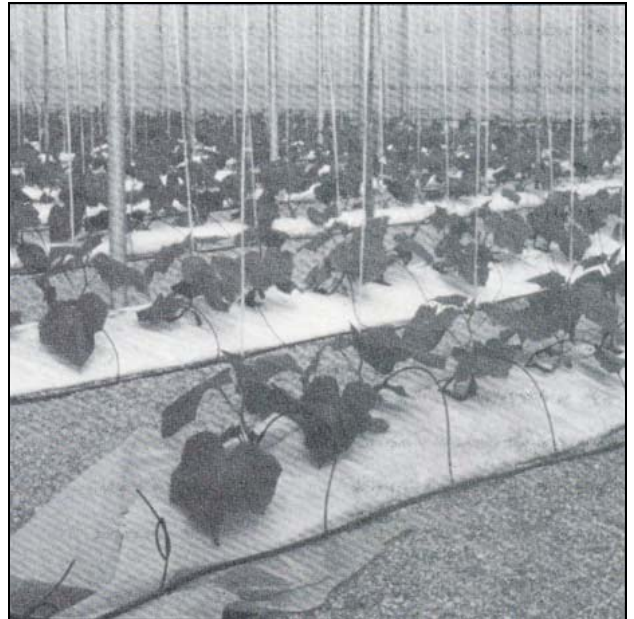
La frecuencia de riego esta en función de la fase de cultivo y la climatología del momento.

5.4 DRENAJE.

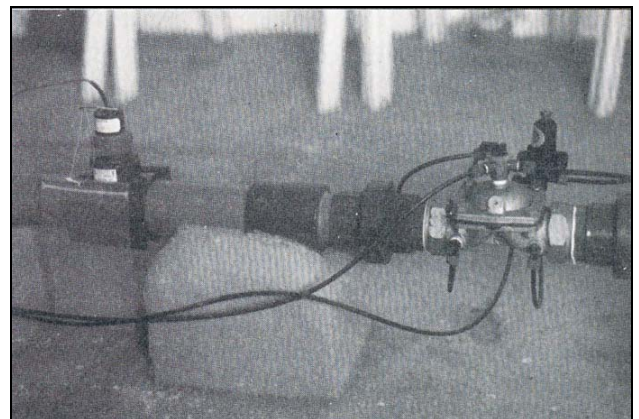
El agua de riego contiene iones que en determinadas concentraciones pueden interferir la estabilidad de las soluciones nutritivas o incluso resultar tóxicos para los cultivos. Para evitar alcanzar dichas concentraciones se recurre a un lavado del sustrato mediante un exceso de agua de riego que se denomina drenaje.

La cuantificación del drenaje se hace en términos de tanto por ciento de volumen de agua sobrante con respecto al total de agua aportada en cada riego. Normalmente se calcula el drenaje de todo un día incluyendo varios ciclos de riego. Este modo de operar está dando por hecho que el porcentaje de drenaje obtenido es el mismo para todos los riegos y si las frecuencias de riego no están bien determinadas, como se ha explicado anteriormente, entonces los errores cometidos pueden ser muy importantes. Sirva de ejemplo los datos de dos cálculos de drenaje en los que el porcentaje para ambos es del 20% pero la distribución en ocho riegos es la mostrada en el Cuadro 5.2.

Al dato del drenaje ha de hacerse un seguimiento diario y, aunque no es preciso que todos los días se mida el drenaje de todos los riegos, se aconseja que se



Sistema de recogida del agua de drenaje en sacos de arena:



Un contador de agua para regar por caudal (con ordenador y conocer el consume) de agua.

compruebe con cierta regularidad la distribución normal de los drenajes de los riegos del día.

El muestreo del drenaje se realiza eligiendo un punto representativo de una unidad de cultivo, o unidad de sistema o unidad de manejo. En el punto de muestreo se construye un artilugio que recoja, en un recipiente, el agua de drenaje de un número conocido de plantas o unidad de sustrato (metro lineal, saco o tabla) que esta regado por un número, también conocido, de goteros. En lugar próximo al punto muestreado se va aforando el agua de dos emisores. Con los datos medidos en campo de la dotación de riego y el agua drenada se calcula el porcentaje de drenaje.



Bandeja de drenaje conectada al ordenador para regar a la demanda.

El porcentaje de agua que debe drenar depende de la calidad agronómica del agua de riego, de la climatología del momento y del cultivo.

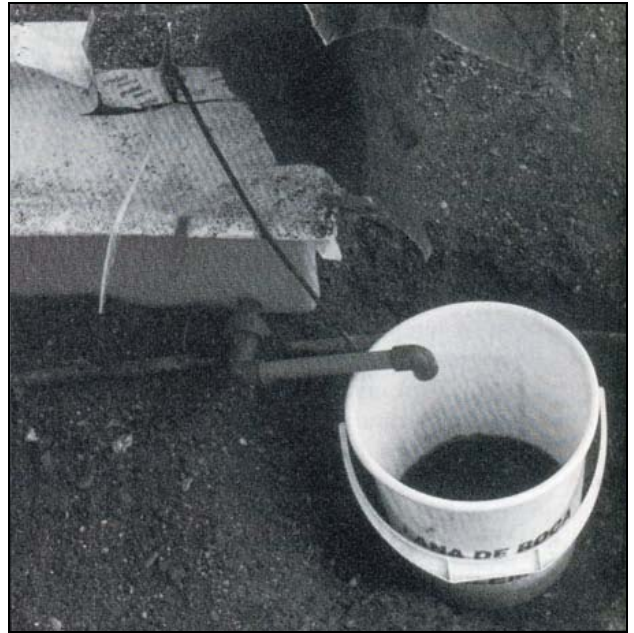
Al agua de drenaje se le mide también la conductividad y el pH con el objeto de realizar un seguimiento al manejo del riego que se está utilizando.

Una de las maneras de expresar la salinidad de una solución es por medio de su conductividad eléctrica (CE). Una solución conduce la electricidad mejor a medida que aumenta su concentración en sales. De esta manera se puede medir la salinidad en términos de conductividad eléctrica.

Para una misma concentración salina el valor de la CE varía con la temperatura de la solución por lo que se ha convenido expresar siempre la CE a la temperatura de 25°C. Hoy en día la mayoría de los conductímetros que existen en el mercado disponen de un sistema automático para la corrección de la temperatura. En el caso de no disponer de un conductímetro de este tipo, se ha de medir la temperatura de la solución y corregir el valor aplicando el factor correspondiente según los datos del Cuadro 5.3.

La unidad tradicionalmente utilizada para la medida de la CE ha sido el milimho/cm (mmho/cm) que es el submúltiplo del mho/cm y que es la inversa de la unidad de resistencia eléctrica, es decir el ohm/cm.

Cada vez se va imponiendo más la unidad y concepto definido por el Sistema Internacional de Unidades, el cual dice que un siemens (S) es la conductancia



Instalación en campo de la bandeja de drenaje.

de un conductor que tiene una resistencia eléctrica de 1 ohm/m. Las equivalencias entre ambas unidades son las siguientes:

- 10 mmhos/cm = 1 S/m.
- 1 mmho/cm = 1 dS/m.
- 1 mmho/cm = 1 mS/cm.

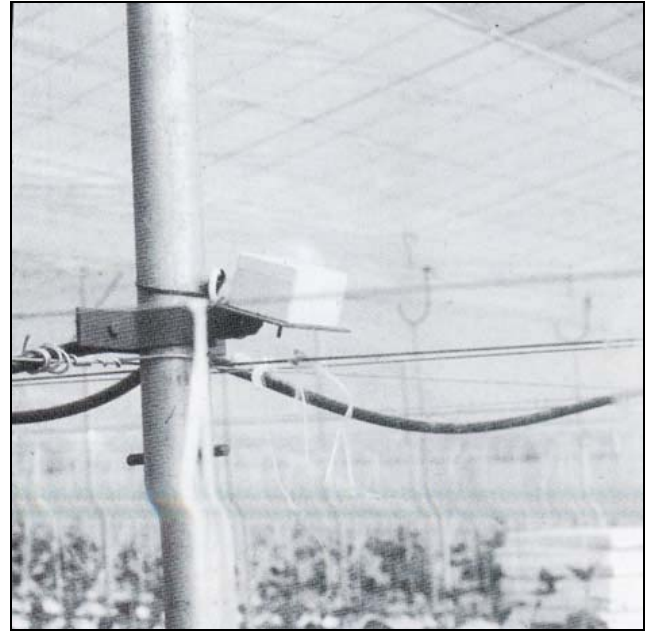
La concentración salina de la solución nutritiva tiene una gran importancia en el desarrollo de los cultivos. Cuando dos soluciones salinas de distinta concentración están separadas por una membrana semipermeable se produce un movimiento desde la solución más diluida a la solución más concentrada. Este movimiento es tanto más favorable cuanto mayor es la diferencia de presión osmótica entre ambos lados de la membrana. El conjunto de células exteriores de las raicillas actúan como una membrana semipermeable que separa a la solución nutritiva que se encuentra en el sustrato y los jugos celulares del xilema. Cuanto más concentrada es la solución nutritiva menos diferencia de presión osmótica existe entre los dos sistemas y por lo tanto la absorción de agua y sales minerales queda restringida y mayor es el gasto energético que han de realizar las plantas.

Otro efecto desfavorable de las altas conductividades es la posibilidad de que se produzcan precipitados de sales de baja solubilidad o, en otros casos, alcanzar concentraciones de ciertos iones que llegan a ser tóxicas para el cultivo.

Estas razones hacen aconsejable realizar un seguimiento diario de las conductividades del medio en el que se desarrollan las raíces y la forma práctica de ha-



Evaporímetro para regar a la demanda según la evaporación.



Solarímetro instalado para regar a la demanda por radiación.

cerlo es medir la conductividad del agua de drenaje.

El pH es una medida del estado ácido-básico de una solución y queda definido como el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones. La expresión es la siguiente:

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$

El agua, que es neutra por naturaleza, se disocia en el catión H^+ y en el anión OH^- y el producto de las concentraciones de ambos es una constante de valor 10^{-14} . Como las concentraciones de H^+ y OH^- son iguales, entonces $(\text{H}^+)=10^{-7}$ y por lo tanto el pH del agua es 7. Si se añade al agua un ácido, la concentración de H^+ aumenta y por lo tanto el pH disminuye.

El pH tiene una influencia muy marcada sobre la estabilidad de las soluciones nutritivas y sobre la disponibilidad de determinados iones por la planta. Las bajadas bruscas en el valor del pH de las soluciones nutritivas pueden poner en juego la supervivencia de un cultivo. En los sustratos inertes, que no tienen capacidad tamponadora, un desajuste del dosificador de ácidos o un cálculo erróneo en las dosificaciones de los ácidos puede conducir a una situación de ese tipo. El control del pH, por lo tanto, se debe de hacer diariamente, midiendo el pH del agua de drenaje y el de la solución nutritiva de riego.

5.5 CONTROL DEL SISTEMA.

Al agua que se recoge diariamente de los goteros, para calcular el porcentaje de agua drenada, se le debe de medir también la CE y pH. Variaciones de $\pm 0,5$ unidades en la CE o el pH aconsejan realizar unas comprobaciones sobre:

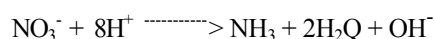
- Posibles cambios en la composición del agua de riego.
- Variaciones en el contenido de bicarbonatos.
- Funcionamiento deficiente de los sistemas de inyección.
- Errores en la preparación de las soluciones madres.
- Cambios en las riquezas comerciales de los ácidos.

Respecto a las variaciones de los valores de la CE y el pH en el sustrato o en el agua de drenaje, se admiten variaciones porcentuales mayores ya que la absorción de agua y nutrientes por la planta influyen de manera importante sobre estos parámetros.

La CE del agua de drenaje tiende a aumentar con la subida de las temperaturas del medio ambiente. Regando con más agua, es decir, aumentando el porcentaje de drenaje, se logra contrarrestar este aumento de la CE. En un sustrato de drenaje deficiente esta solución puede resultar peligrosa por la posible falta de oxígeno para las raíces. En este caso se puede recurrir a preparar una solución nutritiva con menor conductividad añadiendo menos abonos minerales y controlando cuidadosamente las posibles deficiencias de nutrientes.

La diferencia cuantitativa en la absorción de aniones y cationes por la planta conduce a variaciones importantes en el valor del pH de la solución nutritiva del sustrato y por lo tanto del agua de drenaje. Un caso típico de acidificación se puede producir cuando se aporta iones amonio. Esto es así, puesto que el proceso de asimilación de iones amonio tiene lugar una cesión de protones al medio.

Cuando todo el nitrógeno se aporta en forma de nitrato hay una débil tendencia a la alcalinización puesto que parte del nitrato sufre una reducción en las raíces y se libera OH^- según la siguiente reacción:



Parte de los OH^- producidos van a la solución nutritiva y sube el pH. Esta reducción de los nitratos en las raíces se produce sólo en algunas especies. En la mayoría de los cultivos los nitratos son reducidos en las hojas y por lo tanto, el proceso descrito, no representa un grave peligro.

Otra tendencia a la alcalinización se produce por la respiración de las raíces, que al aportar CO_2 a la solución del sustrato, propicia la formación de bicarbonatos y por lo tanto un aumento del pH.

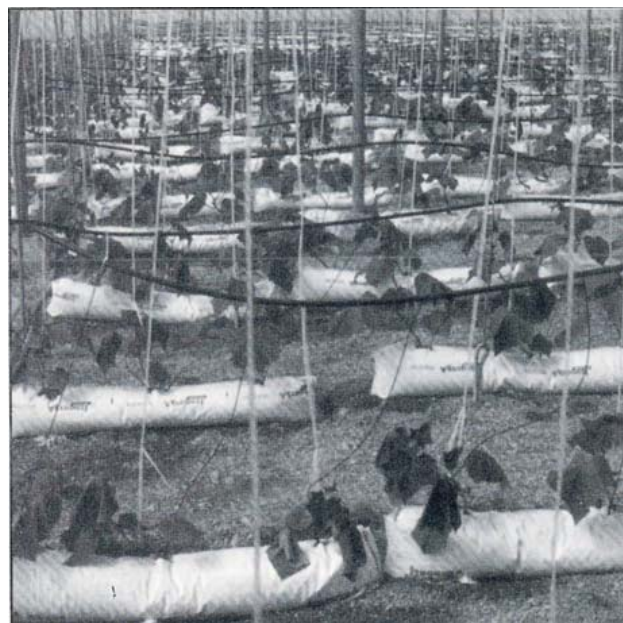
De forma general se puede asegurar que cuando los aniones se absorben en cantidades superiores a los cationes hay una tendencia a la subida del pH en la solución nutritiva del sustrato y una tendencia a la acidificación si la proporción es a la inversa.

De forma práctica se recomienda seguir los siguientes métodos operativos para controlar los distintos sistemas:

5.5.1 Sistema de arena.

Se aísla una longitud conocida de saco del sistema de arena que contenga un número conocido de plantas y goteros. En el extremo de cota más baja se hace un drenaje y se instala un recipiente capaz de recoger el agua de drenaje de un día de máximas necesidades hídricas. Con el drenaje recogido se opera según se ha explicado anteriormente. Se recomienda tener un punto de muestreo por cada sub-unidad de riego.

Los datos de pH y CE aportados por el drenaje no son exactamente iguales a las condiciones reales en que se encuentra el sistema radicular del cultivo dentro del sustrato de arena. Ocurre que, al no existir mucha homogeneidad en la granulometría de la arena, hay una tendencia a que el agua circule por canales interiores que se van formando y que son de más fácil circulación para el agua y los lavados de sales no son uniformes. De todas formas, y dadas las dificultades de obtener muestras directamente del sustrato, este método es el recomendado para los sistemas de arena.



Problemas en la uniformidad del riego.



Obstrucción de goteros por una mala instalación de filtrado.

Cuadro 5.5:
Programación del riego para cultivos sin suelo.

1.- SUSTRATO	
1.1.- UNIDAD BASICA (U.B.)	
A) Dimensiones	_____
B) Volumen U.B.	_____ l.
C) Agua útil (AU+AR) de la U.B.	_____ l.
1.2.- HIPOTESIS DE TRABAJO	
D) Nivel de agotamiento del agua en la U.B. _____% de "C"	_____ l.
E) Agua de drenaje _____% de "D"	_____ l.
F) Agua por cada riego (D+E)	_____ l.
2.- INSTALACION DE RIEGO	
G) Caudal del gotero a _____ m.	_____ l/h.
H) Nº de goteros por U.B.	_____
I) Caudal unitario de la U.B. (G*H)	_____ l/h.
3.- PLAN DE RIEGO	
J) Duración de cada riego (F/I)*60	_____ minutos
K) Necesidades de agua por m ² /día	_____ l.
L) Superficie de cultivo por U.B.	_____ m ²
M) Agua por día y U.B. (K*L)	_____ l.
N) Nº de riegos por día (M/F)	_____ riegos

5.5.2 Sistema de perlita.

Para el sistema de perlita se utiliza el método descrito anteriormente. Se recomienda obtener drenaje de dos sacos consecutivos por cada unidad de muestreo. Para ello se elevan ligeramente los sacos y se coloca debajo una canaletta de plástico con pendiente hacia un extremo en el que se sitúa el recipiente recolector. La perlita es un material homogéneo y la muestra obtenida en el drenaje es más representativa de las condiciones reales del sustrato que en el caso de la arena.

No obstante, y si se pretende obtener mayor exactitud, puede seguirse el método de Wilson para la medición del pH y la CE. Dicho método consiste en tomar un volumen conocido de perlita y mezclarlo con dos volúmenes de agua destilada. Agitar la mezcla, dejarla reposar unos minutos y medir el pH y la CE. El valor real de la CE del sustrato es seis veces mayor que la CE de la mezcla. En la práctica este método no se utiliza.

5.5.3 Sistema de Lana de roca.

En los sistemas de lana de roca se recoge el agua de drenaje igual que en los sistemas anteriores. La di-

ferencia es que este agua sólo se utiliza para calcular los porcentajes de agua drenada. Para la medición de la conductividad y el pH del sustrato se utiliza una jeringa para extraer por succión la solución nutritiva de las tablas de lana de roca. Se muestrean varias tablas y se hacen las mediciones en la mezcla obtenida. Los datos de pH y CE así obtenidos son altamente representativos de las condiciones reales en las que se desarrolla el cultivo.

A modo de resumen, y para cualquiera de los sistemas utilizados se recomienda que, diariamente, siempre a la misma hora y antes de comenzar el primer riego del día se tomen los valores de la conductividad, del pH y del porcentaje del drenaje y se trasladen estos datos a un cuadro tabulado o dietario. En el Cuadro 5.4 se muestra un ejemplo sencillo de dicho estadillo que está pensado para muestrear dos goteros (a y b) para el control del agua de riego y dos sacos de perlita (seis goteros) para el control del agua de drenaje.

El dato de la conductividad y el porcentaje de drenaje han de servir para la programación del riego del día que comienza. Una vez realizada esta programación no puede haber descuido en el control de todos los parámetros programados. Por ejemplo, la climatología puede ser muy cambiante de un día para otro y un día muy nublado, si no se modifica la aportación de agua, puede producir una brusca bajada de la conductividad. Esto, para el cultivo de tomate en plena producción, puede producir el rajado de frutos y dar al traste con un buen porcentaje de la misma.

Con una periodicidad no superior al mes se deben enviar muestras del drenaje al laboratorio para cuantificar cada uno de los iones que componen la solución y estos datos, contrastados con los valores de la solución nutritiva aportada a través del sistema de riego, han de servir para controlar la bondad de la nutrición del cultivo.

5.6 PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.

Entiéndase por programación del riego la enunciación, para un cultivo y lugar concreto, del ciclo y frecuencia de riego para un día o número de días determinados. La programación del riego para cultivos sin suelo puede hacerse aplicando distintas metodologías. Las experiencias acumuladas para un sustrato concreto y una zona geográfica y ciclo de cultivo determinado, son una información muy valiosa que pueden ser la base para la resolución de la programación del riego de un caso concreto.

El Cuadro 5.5 propone la aplicación de una meto-

dología que puede servir para aproximarse a la solución definitiva en aquellos casos en los que se carezca de referencias experimentales. El método se basa en definir, en primer lugar, una unidad básica de cultivo (U.B.) y que puede ser el metro lineal, el metro cuadrado, el saco de cultivo o la tabla de cultivo. Realizada esta definición se ha de cuantificar la cantidad de agua útil (A.U.), dada en litros, que puede retener la Unidad Básica y que dependerá de las características físicas del sustrato. Se establecen unas hipótesis de trabajo que consisten, primero, en fijar un nivel de agotamiento del agua útil y, segundo, en establecer un porcentaje de agua de drenaje y que estará en función de la calidad del agua de riego y de la especie cultivada. Con estos datos queda determinada la dotación o ciclo de riego en litros por Unidad Básica de cultivo.

La instalación de riego, por sus características, arrojará un caudal unitario por Unidad Básica de cultivo y que vendrá dado en litros por hora. De esta forma puede realizarse la transformación del ciclo de riego y pasar los litros de agua por Unidad Básica de cultivo a minutos de riego por Unidad Básica de cultivo.

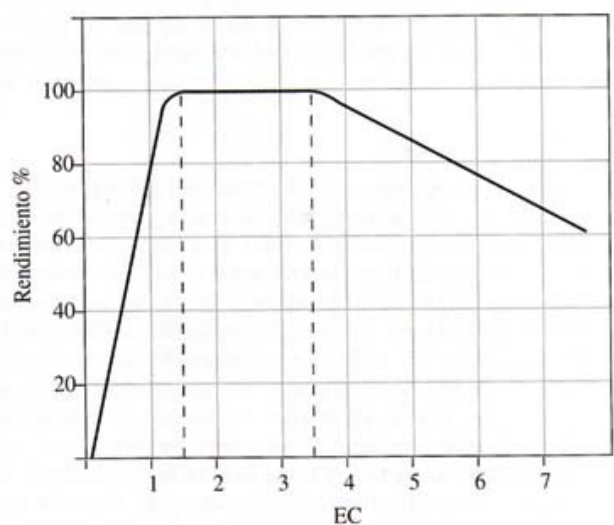
Por métodos tradicionales tales como los del tanque evaporimétrico, el de la radiación o por la experiencia en cultivo tradicional, pueden ser conocidas las necesidades de agua del cultivo para el período considerado. Puede entonces calcularse el número de riegos que se han de aportar cada día. Por aproximaciones y tanteos es posible, con este método, realizar programaciones del riego que sirvan de pauta para ir mejorando y aproximándose a valores más ajustados a la realidad. Se adjunta en el Cuadro 5.6 un caso resuelto, para un sustrato de perlita, cultivo de tomate localizado en el Sureste de España, de ciclo de otoño y para la primera quincena del mes de noviembre.

En el caso de no tener ninguna referencia, se aconseja, al iniciar el cultivo y una vez fijada la dotación de agua por cada riego, aportar la suficiente cantidad de agua para mantener húmedo el sustrato pero sin excesos, para conseguir un enraizamiento óptimo. En estas fases los drenajes son muy altos y conforme la planta va aumentando sus necesidades de agua se aprecia cómo los drenajes disminuyen. Cuando el porcentaje de drenaje se sitúa por debajo de un cierto nivel, variable en función de la calidad del agua, se debe de ir aumentando el número de riegos por día para conseguir el valor deseado de la conductividad. De la misma forma se disminuirán los riegos conforme las necesidades de agua de la planta van decreciendo, bien por cambios climáticos o por variaciones en sus necesidades fisiológicas.

Cuadro 5.6:
Programación del riego para cultivos sin suelo.

1.- SUSTRATO		PERLITA	
1.1.- UNIDAD BASICA (U.B.)			
A) Dimensiones		120x 20 0	
B) Volumen U.B.		60	l.
C) Agua útil (AU+AR) de la U.B.		16	l.
1.2.- HIPOTESIS DE TRABAJO			
D) Nivel de agotamiento del agua en la U.B. 5 % de "C"		0,8	l.
E) Agua de drenaje 20 % de "D"		0,16	l.
F) Agua por cada riego (D+E)		0,96	l.
2.- INSTALACION DE RIEGO			
G) Caudal del gotero a 10 m.		3	l/h.
H) Nº de goteros por U.B.		3	
I) Caudal unitario de la U.B. (G*H)		9	l/h.
3.- PLAN DE RIEGO			
J) Duración de cada riego (F/I)*60		6,6	minutos
K) Necesidades de agua por m ² /día		2,5	l.
L) Superficie de cultivo por U.B.		3	m ²
M) Agua por día y U.B. (K*L)		7,5	l.
N) Nº de riegos por día (M/F)		7,8	riegos

Figura 5.2:
Descensos de los rendimientos del tomate para aumentos de la conductividad de la solución nutritiva.



5.7 USO DE AGUAS SALINAS.

En el sudeste español existen muchas aguas de riego catalogadas como salinas. La experiencia está demostrando que el uso de las aguas salinas en los cultivos sin suelo acarrea problemas importantes. La envergadura de los problemas depende de distintos factores y no resulta fácil establecer un límite entre aguas buenas y aguas malas basado exclusivamente en la conductividad eléctrica del agua de riego.

Puede afirmarse que, en general, agua de conductividades de 2,5 mS/cm no crean, por sí solas, problemas en los cultivos de hortalizas. A partir de esta concentración salina los aumentos de la CE. del agua de riego obliga a incrementos lineales de los porcentajes de drenaje para poder mantener los rendimientos de

los cultivos. Estas demasías de agua que se aportan hacen que las cualidades físicas del sustrato, respecto a su capacidad de drenaje y aireación, pueda ser uno de los factores determinantes en la elección del tipo de sustrato.

Los aumentos en la conductividad eléctrica del agua de riego hacen decrecer los rendimientos y un buen manejo del riego puede paliar, sólo en parte, este inconveniente. Para un agua cuya CE. es conocida, una valoración adecuada de la pérdida de rendimiento ha de hacerse teniendo en cuenta la especie y variedad cultivada, el ciclo y época de cultivo y las condiciones microclimáticas del invernadero. La Figura 5.2 muestra los descensos de los rendimientos del tomate para aumentos de la conductividad de la solución nutritiva.

