

Fertirrigación de invernaderos

Fuentes de agua, sistemas de riego más adecuados y distintos tipos de sustratos para el cultivo intensivo

El consumo de agua en invernadero se estima, aproximadamente, en 1 m³/m² por año. Esta cifra incluye el agua requerida por la planta para cubrir sus necesidades fisiológicas y un porcentaje adicional de agua en exceso (20-30%) para el lavado de sales del suelo o sustrato, que puede ser recogida y reutilizada en riegos posteriores. El agua para cubrir este consumo proviene de diversas fuentes: pozos, ríos, lagos, embalses, lluvia o de la red pública de suministro de agua. De todas ellas, el agua de pozo suele ser la más habitual, en ocasiones la única disponible.

El agua de ríos y lagos está muy oxigenada. Su calidad puede variar según la época del año, por llevar menos caudal, y las sales están más concentradas. Con frecuencia, su calidad es mala debido a su contaminación por vertidos incontrolados de diversa procedencia. La composición del agua de pozos varía según la zona. Por ejemplo, en algunas áreas de Almería no es de muy buena calidad y su uso se combina con agua de mejor calidad procedente de embalses. El agua de lluvia es la mejor de todas, por lo que en áreas con pluviosidad importante se recomienda transportarla, por medio de tuberías y canalones, desde el techo del invernadero hasta un depósito donde se almacena para su posterior utilización. Esta práctica es habitual en Holanda, donde el agua se acumula en tanques cerrados de acero galvanizado o en estanques abiertos. En estos depósitos también queda almacenada el agua de condensación del interior del invernadero, que

El aporte adecuado de agua y fertilizante es uno de los aspectos fundamentales para mejorar la producción y la calidad del cultivo en invernadero. Las actuales técnicas de fertirrigación, que se detallan en las siguientes líneas, permiten importantes mejoras en ambos aspectos, por lo que son innovaciones técnicas que se están difundiendo con gran rapidez.

L. Rodríguez ⁽¹⁾, **J.L. García** ⁽¹⁾, **R.M. Benavente** ⁽¹⁾, **C.E.L. Oliveira** ⁽²⁾ y **M. Muñoz** ⁽³⁾. ⁽¹⁾ Departamento de Ingeniería Rural, Universidad Politécnica de Madrid. ⁽²⁾ Departamento de Ingeniería Rural, UPM/CNPq (Brasil). ⁽³⁾ Departamento de Ingeniería de Circuitos y Sistemas, UPM.

se transporta por canalones situados debajo de cada capilla. Finalmente, el agua procedente de la red pública de suministro de agua no es muy utilizada, pues, aparte de contener cloro, su coste es elevado.

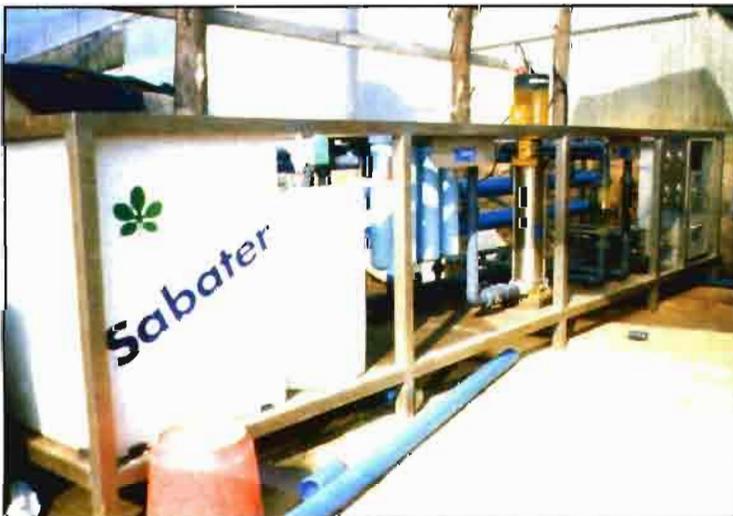
Los parámetros fundamentales de calidad del agua de riego son: su acidez o alcalinidad (valorada por su pH), el contenido total de sales (medido por la conductividad eléctrica CE), el contenido en sodio y cloruros, la presencia de metales pesados y la concentración de microorganismos. En España son frecuentes las áreas con aguas de mala calidad y, sobre todo, con exceso de sales, por lo que debe mante-

nerse un control de la misma, tanto más riguroso cuanto peor sea su calidad.

Si el valor de CE es elevado, el agua puede salinizar el suelo o sustrato y perjudicar la producción, dependiendo de la tolerancia a la salinidad del cultivo regado. Un valor de CE superior a 2 mS/cm (1 mS/cm equivale a 700-800 mg/l de sales, dependiendo de las características de cada sal) indica que la calidad del agua no es aceptable para el cultivo hidropónico (cultivo en un sustrato inerte) por lo se deberá mejorar su calidad. El **cuadro 1** sirve de orientación de la calidad del agua según su salinidad y porcentaje de sodio.

La permeabilidad del suelo o sustrato influye notablemente en la definición de la calidad del agua, por lo que es necesario considerar el suelo para conocer el riesgo de salinidad y de sodio que corresponde a cada agua de riego. Además, se recomienda considerar el análisis del suelo y prever la interacción con el agua de riego que, en definitiva, determinará la nutrición de la planta.

Una sistema utilizado para mejorar la calidad del agua es el de desalinización. Entre los diferentes tratamientos de desalinización existentes (intercambio iónico, destilación o electrolisis) la ósmosis inversa es el más utilizado en invernaderos. En un proceso de ósmosis dos soluciones de diferente concentración están separadas por una membrana semipermeable, que permite el paso de agua pero no de sales. El agua, en estas condiciones, atraviesa la membrana hasta igualar la concentración de ambos lados. En la ósmosis inversa,



Desalinización: equipo de ósmosis inversa (Barcelona).



Tanques: depósitos individuales para cada nutriente (Holanda).

se aplican altas presiones en el lado de mayor concentración de sales, obligando al agua a fluir al otro lado; de esta forma, el agua queda sin sales y se vuelve a mezclar, en determinada proporción, con el agua original para recuperar parte de las sales perdidas y para evitar problemas microbiológicos. Este procedimiento es caro, pero muy efectivo, y se está extendiendo en zonas con agua de mala calidad.

I. Sistemas de riego

El agua de las instalaciones de riego en invernadero suele provenir de balsas o directamente de pozos, pasa primero a la cabeza del sistema de riego, compuesta, generalmente, por un equipo de bombeo, un equipo de filtración y un equipo de fertirrigación, y desde aquí es transportada por una red de tuberías de PVC y PE hasta las mesas de cultivo.

1.1 Cabeza del sistema de riego

A la cabeza del sistema de riego se colocan un conjunto de elementos con la función de medir el agua, de incorporar fertilizantes, de colar o filtrar el agua, de regular presiones y de ejecutar los programas de riego previamente programados. Normalmente, la presión de cabeza del sistema de riego en invernaderos oscila entre 1-2 kgf/cm², que es proporcionada por el equipo de bombeo.

1.1.1 Equipo de filtración

El equipo de filtración debe de proporcionar un filtrado eficaz del agua, que prevenga los efectos perjudiciales de las partículas sólidas en suspensión, orgánicas o minerales, contenidas en ella, que de no ser eliminadas obstruirían los orificios de desagüe de los emisores y la sección de las tuberías, pudiendo dañarse también otros dispositivos de la instalación con elementos móviles.

Los filtros a instalar son, en general, de tres tipos: hidrociclones, filtros de arena y coladores de malla o anillas. Los hidrociclones son dispositivos utilizados cuando el agua transporta un alto contenido de partículas más densas que ella (arenilla, limos...). Se instalan a la entrada de la cabeza del sistema de riego y tienen la ventaja de producir unas pérdidas de carga constantes e independientes de la concentración de impurezas en el agua. Los filtros de arena son unos tanques metálicos o de poliéster, en cuyo interior se coloca una gruesa capa de arena que es atravesada por el agua, quedando retenidas la arena, algas y otras materias en suspensión. La pérdida de carga aumenta con la materia retenida en la arena, por lo que ésta debe lavarse con cierta frecuencia. Los coladores



Sensor de pH -arriba- y conductividad -abajo- en una instalación de fertirrigación (Madrid).

de malla consisten en un cuerpo cilíndrico, de plástico o metálico, en cuyo interior hay un cilindro o cartucho de malla de plástico o acero inoxidable por donde pasa el agua. Finalmente, los coladores de anillas se componen de un cartucho de anillas de plástico ranuradas, apretadas unas contra otras, que dejan pasar el agua y retienen las partículas cuyo tamaño sea mayor al del paso de la ranura. Estos dos últimos sistemas de filtrado son adecuados para retener las partículas minerales y se colocan aguas abajo del punto de inyección de fertilizantes. Se caracterizan por el número de *mesh*, que para un filtro de malla se define como el número de orificios por pulgada. En un filtro de anillas, el número de *mesh* se establece por comparación con un filtro de malla análogo. Los más utilizados están entre 50 y 200 *mesh*.

1.1.2. Equipo de fertirrigación

El equipo de fertirrigación consta de varios depósitos que contienen los elementos nutritivos, de inyectores *venturi* o bombas de inyección, de automatismos de control, de electro-

válvulas y de sensores.

Los nutrientes (nitrógeno, potasio, fósforo, etc.) se almacenan en depósitos, metálicos o de plástico reforzado con fibra de vidrio, donde están relativamente concentrados (a niveles de 10-100 kg/m³ para cada sal). Desde estos depósitos los nutrientes se vierten a un tanque de mezcla o se inyectan directamente a la tubería de suministro. La presencia de un tanque mezclador hace más homogénea la distribución y evita problemas de precipitación de sales en la tubería, por lo que se utiliza más que la inyección directa. En instalaciones sencillas, la inyección de los nutrientes se realiza desde un solo tanque de fertilización, pero en instalaciones más modernas el número de tanques aumenta, llegando a tener un depósito para cada elemento (con lo que la instalación tendría un total de seis depósitos). Cuando se dispone de dos depósitos, en uno de ellos se encuentran las disoluciones concentradas de Ca (NO₃)₂, del KNO₃ y microelementos, y, en el otro, las disoluciones de SO₄K₂, SO₄Mg y H₃PO₄. El suministro se separa en estos dos depósitos, porque a las concentraciones mencionadas el sulfato y fosfato cálcico precipitan, por lo que estos iones deben mantenerse separados. Además de los depósitos anteriores, se debe instalar un depósito donde se almacenan soluciones ácidas (en general HNO₃) para corregir el pH de la solución y desobturar goteros cuando sea requerido. Aunque, en muchos casos, la solución de ácido se utiliza para realizar lavados sistemáticos al final de cada fertirrigación. En el agua de riego la concentración de nutrientes es de una magnitud 100 veces inferior a su concentración inicial (100-1.000 g/m³ para cada nutriente).

La inyección de fertilizantes desde los tanques suele realizarse con *venturis* o con bombas dosificadoras. Un *venturi* es una porción de la tubería, por donde pasa el agua de riego, con una sección de estrechamiento en donde la velocidad del agua aumenta y, por lo tanto, su presión disminuye. Esta depresión succiona el fluido procedente de los tanques de fertilización con los nutrientes, incorporándolos al agua de riego. El sistema se puede controlar mediante electroválvulas, de forma que la succión sólo se produzca cuando éstas se encuentren abiertas. Es un sistema barato, pero tiene la desventaja que produce muchas pérdidas de carga. Las bombas de inyección son más precisas que el sistema anterior, pero más caras. Se componen de un émbolo o una membrana que, con un movimiento de vaivén, inyecta la solución. Pueden tomar la solución desde un tanque fertilizante sin presión e inyectarla a una presión superior a la del agua de riego. Existen dos tipos de bombas in-

CUADRO I. CALIDAD DEL AGUA SEGÚN SALINIDAD Y PORCENTAJE DE SODIO.

Clase de agua	CE (mg/l)	Sodio (% total cationes)
Excelente	Hasta 160	hasta 20
Buena	160-480	20-40
Mediana	480-1280	40-60
Mala	1280-1920	60-90
No indicada	Más de 1920	más de 90

Fuente: Moya Talens (1994).

vectoras: eléctricas e hidráulicas. Las primeras están accionadas por un pequeño motor eléctrico, mientras que en las segundas, la presión de la propia red de riego proporciona la energía necesaria para su funcionamiento, no precisando un aporte de energía externo.

La inyección de fertilizantes dependerá de los valores de pH y CE que, medidos con sensores adecuados, son registrados en el sistema de control de riego. En cultivo hidropónico, el pH de la solución nutritiva oscila entre 5,5 y 6,5 y la CE entre 2 y 3 mS/cm. Su medida se realiza con sensores de pH y CE colocados a la salida del tanque de mezcla o el punto de inyección de los fertilizantes. En ocasiones se colocan dos sensores de cada tipo para contrastar las medidas. Si sus lecturas son muy distintas, uno u otro no funciona correctamente. Se recomienda limpiar y calibrar regularmente los sensores.

Las instalaciones de fertirrigación de cierta entidad poseen un equipo de control automático, que puede ser un autómata programable o un sistema similar específico para fertirrigación. A veces, a estos equipos se les denomina controladores. En general, el sistema visualiza los parámetros medidos con los sensores en una pantalla, o bien permite su conexión y visualización en una pantalla de ordenador. El equipo de control recibe información de las medidas de pH, CE, radiación solar, nivel de agua en determinados puntos de la instalación, hechas por los sensores y, en función de la información recibida y de su programación inicial, decide la fertilización a aplicar, la proporción de nutrientes que se añade al agua de riego y el tiempo de aplicación del riego.

El sistema debe controlar los nutrientes aportados al riego. En general, el agua de riego se aporta con unos valores de pH y CE fijos y una proporción de nutrientes también fija para cada sector de riego y período del cultivo. El equipo de control recibe las medidas de pH y CE en tiempo real. En función de la medida de CE, el sistema incrementa o reduce la cantidad de nutrientes que, en proporciones fijas, se añaden al tanque de mezcla, para aumentar o disminuir la conductividad. Para corregir el pH se añade solución ácida o solución básica, dependiendo de si la medida realizada indica solución básica o ácida.

El riego puede programarse en función de distintos factores. El método más sencillo es programar un tiempo de aplicación de riego fijo para cada cultivo y época del año, basados en la experiencia del productor. Si se desea ajustar más el agua suministrada a las necesidades del cultivo, se puede relacionar el número

de riegos con la radiación solar acumulada, con el nivel de agua en las mesas de cultivo o en otros puntos determinados, con el peso de una planta representativa del cultivo o con la medida del agua de drenaje. De esta forma, se aplica un volumen de agua fijo en cada riego (función del agua que es capaz de retener el suelo o del agua que admite el sustrato de cultivo), pero la frecuencia entre riegos dependerá de alguno de los factores mencionados.

En invernaderos donde se utilizan sistemas con recirculación del agua, otro aspecto importante es la desinfección del agua de riego, pues de otro modo ésta se convertiría en un flujo de transmisión de enfermedades. Los dos sistemas de desinfección más utilizados son el tratamiento térmico y la radiación ultravioleta. En el tratamiento térmico, el agua es sometida a una temperatura de 95 °C durante al menos 30 segundos. Su fiabilidad es buena, pero el coste es elevado. El equipo requiere



Tren de riego (La Rioja).

un primer intercambiador de calor para calentar hasta 95 °C y, a continuación, un segundo intercambiador para enfriarla hasta 25-27 °C. Además, se deben añadir compuestos químicos antes y después del tratamiento para, sucesivamente, reducir y aumentar el pH, con el fin de evitar la precipitación de sales de hierro. Los tratamientos por radiación ultravioleta son un método de menor coste. Sus desventajas son que la instalación debe de ser limpiada con frecuencia y que el agua debe colarse para permitir la acción de la radiación. Este método es menos seguro que el tratamiento térmico.

Por otra parte, en las instalaciones de riego en invernadero es habitual que el agua de riego se caliente en una pequeña caldera hasta una temperatura cercana a 25 °C con el fin de evitar los problemas que el agua fría puede provocar en las raíces.

1.2. Red de riego

La red de riego consta de una serie de tuberías principales, tuberías terciarias o porta-

ramales y ramales, de PVC o polietileno PE, que conducen el agua y nutrientes al cultivo. Los emisores de riego, goteros o microaspersores van insertados, cada cierta distancia, en los ramales.

Las tuberías principales, de diámetros comprendidos entre 63 y 125 mm, suelen ser de PVC si van enterradas o de PE si van al descubierto. Las tuberías portaramales son de PE de baja densidad con diámetros comprendidos entre 32 y 63 mm. Los ramales portagoteros se disponen a lo largo de las líneas de cultivo y son de PE de baja densidad, con diámetros de 12 ó 16 mm y una longitud normalmente inferior a 30 m, con goteros insertados, aproximadamente, cada 0,5 m (se suele colocar un gotero por planta). La separación entre ramales portagoteros depende de la disposición del cultivo.

Los goteros son los emisores de riego de reducido caudal (2 ó 3 l/h) más utilizados en invernaderos. El agua pasa a través de secciones de paso pequeñas y tortuosas, por lo general con forma de laberinto, donde se disipa toda la presión de la tubería. De esta manera, la velocidad del agua cuando sale por el orificio de desagüe es muy pequeña y el agua queda dentro de un entorno localizado cerca del punto de emisión. Las sustancias que el agua lleva disueltas (arena, limo, arcilla, precipitados químicos, algas, bacterias, restos orgánicos...) quedan fácilmente retenidas en las secciones de paso pequeñas, favoreciendo la obturación parcial o total del gotero. La uniformidad en la distribución del agua de riego disminuirá y, por tanto,

también disminuirá el rendimiento del cultivo regado. El problema de la obturación es importante y está condicionado por la calidad del agua de riego. Este problema debe tratar de aminorarse con un buen equipo de filtración, llevando a cabo regularmente tratamientos con productos químicos (por ejemplo, ácido nítrico) y limpieza del equipo de filtrado. Por otra parte, dentro de la gama de modelos comerciales de gotero conviene elegir aquellos que tengan un orificio de desagüe de mayor diámetro.

Dado que la longitud de los ramales de goteo en invernadero, por lo general, es inferior a 30 m, la variación de la presión entre los goteros situados en cabeza y los situados en cola será pequeña (supuesto que la pérdida de carga localizada en el punto de inserción del gotero elegido es pequeña). Por lo tanto, la variación de caudal a lo largo del ramal debida a la variación de presión será poco importante. Sin embargo, se debe de tener en cuenta la variación del caudal debida al proceso de fabrica-

FERIA HORTOFRUTICOLA INTERNACIONAL DE LOS CULTIVOS INTENSIVOS

XV EXPO AGRO-ALMERIA

DEL 24 AL 27 DE NOVIEMBRE DE 1999

Su sitio está en EXPO AGRO ALMERIA

La feria con más presencia internacional por su calidad y proyección que, con 19.000 m2 de exposición y el doble de expositores que en otras ediciones, es el mejor escaparate ante más de 150.000 visitantes y la mejor muestra para conocer los últimos avances del sector. Este año, como feria cobra carácter internacional y, este año, más que nunca es imprescindible tener un sitio en Expo Agro.

NOMBRE _____

APELLIDOS _____

NOMBRE DE LA EMPRESA _____

ACTIVIDAD _____

DIRECCION _____

LOCALIDAD _____ C.P. _____

PROVINCIA _____ PAIS _____

Para recibir más información sobre EXPO AGRO ALMERIA, espacio disponible y condiciones de contratación para stands, rellenar y enviar esta cupón a Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Almería. C/ Conde Ofalia, 22. 04001 Almería. O mandarlo por fax al 950 23 43 50.



Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Almería
Conde Ofalia, 22 . 04001 Almería.
Telfs.: 950 23 44 33 • 950 23 46 39
E-mail: camaralm_ferias@larural.es

ción de los goteros, no todos los goteros son exactamente iguales, por lo que su caudal trabajando a la misma presión tampoco lo será. Esta variación del proceso de manufactura del gotero queda reflejada por un coeficiente de variación de manufactura que proporciona el fabricante del gotero. Habrá que elegir goteros con coeficientes de manufactura inferiores a 0,1 si se quiere lograr una buena uniformidad del riego. Los goteros con coeficientes de uniformidad más bajos suelen ser más caros.

Los goteros tipo botón que va pinchado a la tubería son muy utilizados en el riego de viveros, semilleros e invernaderos. Pueden tener uno o más puntos de desagüe, lo que permite el riego simultáneo de macetas adyacentes.

Los microaspersores son también utilizados para la distribución del agua de riego. La humedad relativa ambiente es más elevada que cuando se usan goteros, por lo que resulta beneficioso para ciertos cultivos. Existe un sistema denominado tren de riego, en el que los aspersores se colocan, a cierta altura, sobre un soporte metálico que es desplazado sobre cada sector del invernadero en cada riego. El sistema dispone de una tubería enrollada de determinada longitud que le permite desplegarse a lo largo del sector. La ventaja que tiene es que el invernadero no queda cubierto con tuberías. Cuando se acaba el riego, el sistema se coloca en un lateral del invernadero facilitando, de esta manera, el acceso a las macetas para cualquier otro tipo de labores.

Existen otras alternativas de aplicación de agua del riego en invernaderos que no utilizan emisores. Una de ellas es el sistema denominado subirrigación, empleado en el cultivo de macetas en mesas. La mesa se cubre con una altura de agua de unos centímetros y las plantas de la maceta o de las bandejas toman el agua que necesitan por capilaridad. Cuando el agua desciende hasta un cierto nivel, un contacto eléctrico emite una señal con la que comenzará un nuevo riego. Este sistema exige una buena nivelación de la instalación.

2. Sustrato

El cultivo en invernaderos puede realizarse en suelo o sin suelo. Desde un punto de vista práctico, los cultivos sin suelo se clasifican en cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos).

La primera etapa de la aplicación de un sustrato en el cultivo sin suelo es la caracterización del mismo, con objeto de conocer sus

propiedades físicas, fisico-químicas, químicas y biológicas. Las propiedades de los materiales que componen el sustrato van a determinar su manejo posterior (contenedor, riego y fertilización).

La caracterización física estudia la distribución volumétrica del material sólido, el agua y el aire, así como su variación en función del potencial matricial. Las propiedades químicas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución de sustrato: reacciones de intercambio de iones, reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales y reacciones de biodegradación de la materia orgánica.

No existe un sustrato ideal para el cultivo sin suelo. El mejor sustrato de cultivo en cada caso dependerá de numerosos factores: material vegetal (semilla, estaca, planta), especie cultivada, condiciones climáticas, tamaño y forma del contenedor, programas de riego y fertilización, etc. Para obtener buenos resulta-

los primeros riegos. Su salinidad es muy baja. Entre sus principales ventajas destacan: la estabilidad de su estructura, la baja densidad y su buena aireación. Se aplica mezclado con otros sustratos para mejorar su aireación. La humedad se distribuye bien a lo largo de la zona radical si se elige la granulometría adecuada. Con soluciones nutritivas de $\text{pH} \leq 5$ puede producir fitotoxicidad debido a una excesiva solubilización del aluminio. Tiene el inconveniente de tener poca resistencia a la fricción, por lo que suele degradarse a lo largo del ciclo de cultivo disminuyendo la aireación. Su duración es de 2-3 años. Se usan sacos de perlita con tamaños de partícula de 0-5 mm y volúmenes de sustrato de alrededor de $140 \text{ m}^3/\text{ha}$.

La lana de roca es también un sustrato de silicato de aluminio, obtenido por la fundición de roca basáltica, caliza y carbón de coque a $1.600 \text{ }^\circ\text{C}$. El producto fundido forma fibras a las que se añaden mojanter y estabilizantes en diferentes proporciones. El producto final se obtiene por prensado. Es un sustrato de pH neutro o alcalino ($\text{pH} = 7-8,5$) de fácil neutralización muy utilizado en Holanda. Posee una baja densidad, una estructura homogénea, una porosidad total elevada, una buena capacidad de retención de agua para la planta y es de fácil desinfección. Sin embargo, tiene gradientes de agua. El agua se acumula en profundidad y en esta zona disminuye el contenido de aire. Esto deberá ser tenido en cuenta en el manejo del riego y en la disposición del sistema para la evacuación del agua sobrante procedente del drenaje. El agua retenida es fácilmente asimilable por la planta, por lo que dicho material no tiene prácticamente agua de



Sustratos: tablas de lana de roca (Bilbao).

reserva en el caso de condiciones hídricas desfavorables y obliga a un manejo adecuado del riego. Se usa, normalmente, en formas de tablas de 60-120 cm de longitud, con 10-30 cm de ancho y 7,5-10 cm de alto, forradas con polietileno blanco opaco, con volúmenes desde 30 hasta $140 \text{ m}^3/\text{ha}$. Su capacidad de retención de agua depende del espesor y de la forma de la tabla. Su estabilidad mecánica es baja y su duración está limitada a 2-3 años. Pueden aparecer problemas ambientales con la eliminación de los residuos de éste sustrato una vez finalizada su vida útil. ■

dos durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características del sustrato: elevada capacidad de retención de agua disponible para la planta, un suministro de aire adecuado, salinidad reducida, pH ligeramente ácido y moderada capacidad tampón y estar libre de sustancias fitotóxicas y de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos. Entre los diferentes sustratos utilizados en cultivos hidropónicos los más utilizados son la perlita y la lana de roca. Otros sustratos menos usados son: la fibra de coco, la turba, la arena, la vermiculita y diversos residuos agrícolas o industriales.

La perlita es un silicato de aluminio de procedencia volcánica, expandido a más de $1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ a partir de la roca original, muy utilizado en el área mediterránea. Es un material prácticamente inerte, de pH neutro o ligeramente alcalino ($\text{pH} = 7-8$) fácil de corregir con

BIBLIOGRAFÍA

- Cadahia López, C. 1998. Fertilización. Cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
 Domínguez Vivancos, A. 1993. Fertilización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
 Moya Talens, J.A. 1994. Riego localizado y fertilización. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.