



# El movimiento del agua a través de las plantas

Cómo una planta utiliza el agua y cuál es la interacción entre raíces y aire circulante

En el primero de seis artículos escritos para la revista *Horticultura*, **Andrew Lee**, consultor de Grodan, explica desde el punto de vista fisiológico cómo se realiza la absorción de agua por parte de las plantas y describe la interacción existente entre la zona radicular y el aire circulante.

## Andrew Lee

Gerente de Grodan BV para apoyo de negocios en América y otros mercados de exportación

El agua es transportada de las raíces a las hojas por sistemas conductores (xilema) en un proceso dirigido por la transpiración. De la cantidad de agua absorbida por una planta, cerca del 90% se transpira, mientras que sólo el 10% se utiliza para su crecimiento.

Según lo anterior, el metro cúbico del aire de un invernadero que está a una temperatura de 20°C puede contener hasta 17 g de agua. Un cultivo en su etapa de crecimiento transpira casi 4,5 litros de agua/m<sup>2</sup> en un día soleado de 2.000 julios/cm<sup>2</sup> de energía. El agua evaporada de esta forma enfría al invernadero de la misma manera como lo hace un sistema de nebulización de alta presión. De hecho, la tem-

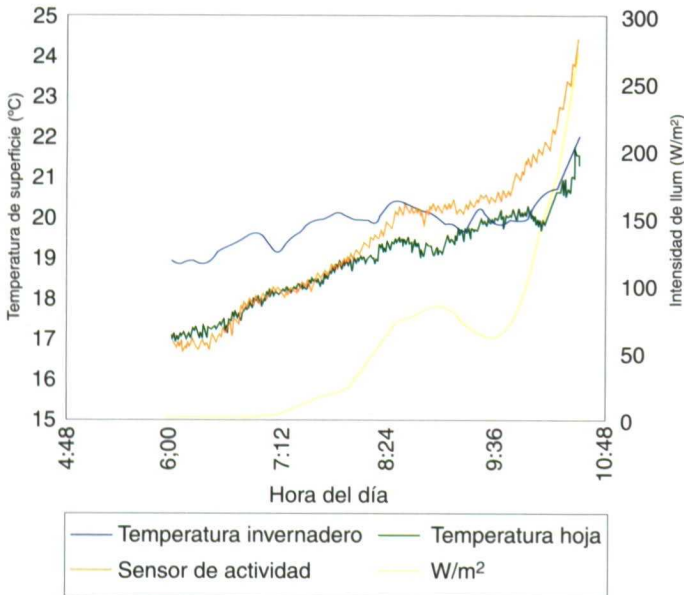
peratura de las hojas durante la transpiración puede ser 2-6°C menor que la de las hojas que no presentan ese estado. Por eso durante el verano es importante disponer de sistemas radiculares eficientes y un área foliar suficiente para conseguir un enfriamiento adecuado y maximizar la producción y calidad del fruto.

Sin embargo, la transpiración puede incrementar la humedad hasta el punto de crear problemas en otras épocas del año, cuando la ventilación es limitada o hay escasez de luz. Si el invernadero es húmedo, es esencial que la zona radicular sea manipulada con cuidado para evitar la aparición de enfermedades y el deterioro del fruto.

Los productores deberían comprender claramente en qué consiste la interacción de la

**Figura 1:**

Relación entre la temperatura de una hoja de tomate y un sensor de actividad vegetal (PASensor) y la radiación externa presente al inicio del día



**Un cultivo en su etapa de crecimiento transpira casi 4,5 litros de agua/m<sup>2</sup>. El agua evaporada de esta forma enfría al invernadero**

zona radicular y el aire circulante pues sólo cuando se logre su equilibrio será posible aumentar los ingresos en las explotaciones.

### Transpiración

La transpiración comienza con la evaporación del agua a través de los estomas (poros diminutos en el envés de la hoja) cuando estos abren el paso de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> durante la fotosíntesis. El agua evaporada es remplazada por la que traen las células situadas detrás de los estomas y dirigida por los conductos del xilema hacia las raíces, produciendo una presión que empuja al agua hacia arriba, a todas las células de la planta.

### El papel de los estomas en la transpiración

La evaporación a través de

los estomas abiertos es la principal vía de pérdida de agua de la planta. Estos deben abrirse para el paso de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> durante la fotosíntesis. Sin embargo, debe existir un equilibrio entre el aumento de CO<sub>2</sub> y la pérdida de agua. Y este lo consigue la planta al regular la amplitud de los estomas.

La luz estimula la apertura y el cierre de los estomas. Otros parámetros que pueden influir son el calor y la humedad relativa o déficit de la presión de vapor, definido este como la diferencia entre la presión de vapor del interior de los estomas y la del aire del invernadero. En consecuencia, los cambios del ambiente - luz, calor y humedad - influyen en el momento en que empieza la transpiración y en el índice de recambio que alcanza esta durante el día.

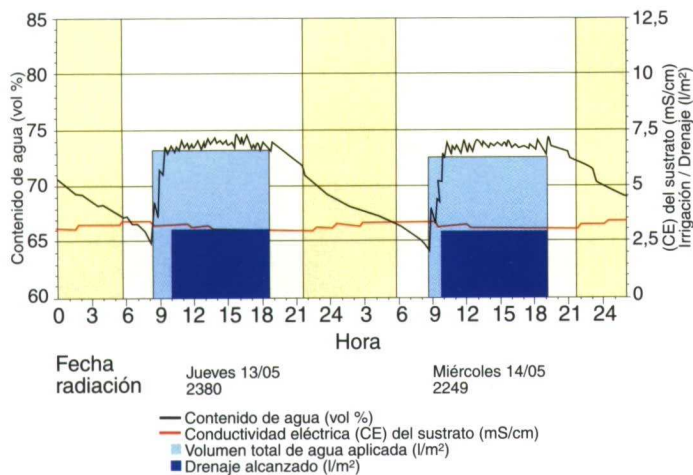


Los estomas se abren en las mañanas cuando la luz incide en la superficie de las hojas. En condiciones de invernadero empezamos a ver el proceso de transpiración, o por

lo menos su inicio, a partir radiaciones cercanas a los 150-200 W/m<sup>2</sup>. La Figura 1 muestra claramente este fenómeno. Las diferencias de temperaturas allí observadas se deben a

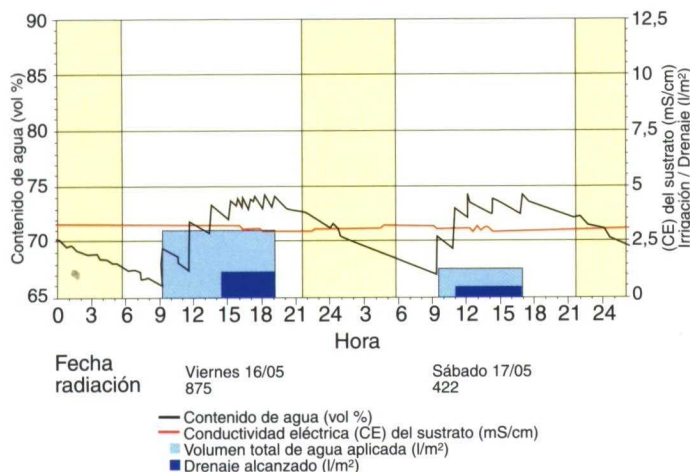
**Figura 2:**

Estrategia de riego durante dos días soleados para un cultivo de pimiento en Holanda - sustrato Grotop Expert. Datos generados mediante Grodan® Water Content Meter.



**Figura 3:**

Estrategia de riego durante dos días nublados para un cultivo de pimiento en Holanda - sustrato Grotop Expert. Datos generados mediante Grodan® Water Content Meter.



la refrigeración por evaporación de una hoja de tomate y un sensor de actividad vegetal. Eso indica que el primer riego de la mañana debe coincidir con esta situación. Los productores al leer este artículo entenderán el por qué de la estrategia de permitir radiaciones entre los 200-400 W/m<sup>2</sup>, dependiendo de la estructura de invernadero. En estas circunstancias, utilizar radiaciones por encima de 400 W/m<sup>2</sup> le costará un dinero extra al

productor, teniendo en cuenta que la planta ya está activada por el sol.

Existe sin embargo una excepción notable. Cuando la zona radicular es fría, digamos a 12°C, la transpiración puede retrasarse hasta en dos horas si

se compara con lo que sucede en zonas radiculares a 17°C. En estas circunstancias, el momento del primer riego debería ser ajustado a la nueva situación.

La tasa de transpiración diaria depende de qué tanto está el clima incidiendo sobre el invernadero. Eso quiere decir que a mayor temperatura y menor humedad relativa, mayor será la tasa de transpiración efectuada. A continuación me refiero brevemente a dos situaciones contrastantes.

**Días soleados**

Si durante el día la absorción de agua por las raíces es menor que el índice de pérdida

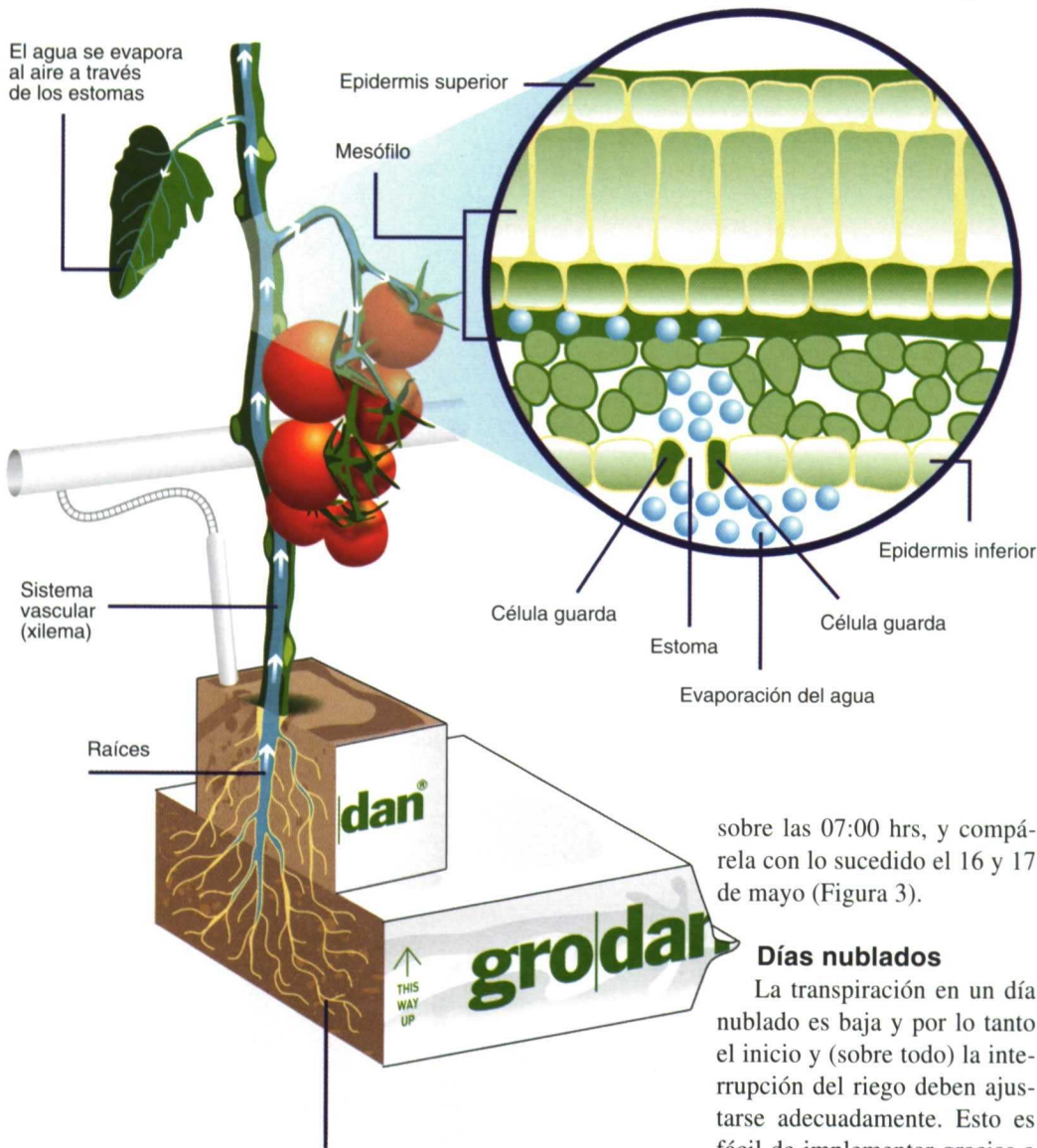
de transpiración, se produce turgencia y los estomas se cierran para impedir que la planta se marchite. Esto reduce la transpiración y la fotosíntesis y disminuye la calidad y la producción de frutos. La temperatura de la planta (y del aire) se incrementa hasta tal punto, como resultado de las altas tasas de respiración, que termina “quemándola” por completo. Por eso es tan importante disponer de sistemas radiculares eficientes, especialmente en aquellos cultivos que están saliendo del invierno para entrar a la primavera.

Igualmente son aconsejables las condiciones de luz superiores a 1000 J/cm<sup>2</sup>/día con el fin de vincular el volumen de riego a la sumatoria de las radiaciones (Figura 2). De hecho, en circunstancias extremas, los productores utilizan la absorción de agua del culti-

**Es importante no sobrestimular el cultivo con temperaturas altas, pues la humedad relativa se eleva, al incrementarse la tasa de transpiración, y la producción disminuye**

Figura 4:

Corte transversal ampliado de una hoja



El agua entra a la planta a partir del sustrato debido a la presión negativa creada por los conductos del xilema como resultado de la transpiración y también pasivamente, por ósmosis

vo como un indicador de su desarrollo y adaptan así sus estrategias de nebulización y filtración. En este sentido, es importante recordar que la absorción de agua por el cultivo no debe disminuir cuando se utilizan los sistemas de nebulización. Estos deben emplearse para ayudar a la planta (raíces) a mantener el ritmo del riego de acuerdo a la demanda de

transpiración. El uso indebido de estos sistemas puede ocasionar cosechas débiles, y un filtrado excesivo, reducir la penetración de la luz, y la luz, recuérdelo siempre, significa producción!

Observe la actividad (transpiración) del cultivo en ambas mañanas, indicada por el cambio en la pendiente de la línea de contenido de agua

sobre las 07:00 hrs, y compárela con lo sucedido el 16 y 17 de mayo (Figura 3).

**Días nublados**

La transpiración en un día nublado es baja y por lo tanto el inicio y (sobre todo) la interrupción del riego deben ajustarse adecuadamente. Esto es fácil de implementar gracias a programas computarizados en combinación con herramientas tales como el Grodan® Water Content Meter (WCM). En días así, el ajuste de temperatura (50-60°C) durante algunas horas en la tarde junto a periodos constantes de ventilación, suelen ser necesarios para estimular la actividad de la planta. Eso asegura que los nutrientes esenciales se sigan suministrando a la planta y permite mantener un equilibrio generativo apropiado. El mecanismo para guiar el equili-

brio de la planta a través de la zona radicular será explicado en el tercer artículo de la serie, Interpretación y manejo de la zona radicular en respuesta a las seis fases del ciclo vital de un cultivo. Los lectores que deseen conocer más sobre las seis fases del ciclo de vida pueden visitar la web de Grodan ([www.grodan.com](http://www.grodan.com)).

Es importante no sobrestimular el cultivo con temperaturas altas en los conductos pues la humedad relativa se eleva (al incrementarse la tasa de transpiración) y la producción disminuye. Teniendo en cuenta el costo actual de la energía, una temperatura de 40°C es suficiente para controlar la humedad. Si usted está alarmado con estos números hágale un seguimiento a su cultivo al final del invierno y comienzo de la primavera. Mire los gráficos del computador: le puedo anticipar que la humedad en el invernadero no va a cambiar si la humedad de los conductos es de 40°C o 60°C. La única diferencia va a ser la factura de la calefacción!

Es importante recordar que la mejor forma para disminuir la humedad en los invernaderos es abrir las rejillas de ventilación; sin embargo, evite el exceso de ventilación cuando hace frío en el exterior porque este aire (<13°C) cae sobre el cultivo y afecta negativamente la transpiración.

Vale la pena recordar que en los días nublados, el periodo máximo entre riego y riego es el que determina la cantidad total de agua suministrada a los cultivos (Figura 3). Es un tiempo que hay que precisar con exactitud. En el cuarto artículo de la serie, Interpretación de la información de un WCM para realizar una estra-

tegia efectiva de irrigación, voy a describir cómo este puede determinarse correctamente. Dicha información evitará la aparición de problemas fisiológicos que afecten la calidad de los frutos, tal como las hendiduras y el color desigual. Usted se dará cuenta que el periodo de descanso máximo está siendo demasiado corto porque la conductividad eléctrica (CE) del sustrato disminuye excesivamente.

**El papel de la absorción activa de la raíz**

Las plantas pueden tomar agua, incluso sin que se realice la transpiración. Es un fenómeno conocido como “absorción activa de la raíz” y tiene como resultado lo que los consultores agrícolas han querido llamar “presión de la

**Cuadro 1:**  
Factores que influyen en la presión de la raíz de un cultivo de tomate

Factor	Razón
Injerto de raíz para mejorar el vigor de la planta	Un sistema radicular grande puede tener acceso a más agua
Temperaturas altas en la tabla de cultivo	El aumento del índice de respiración produce un mayor transporte de iones
Baja carga de frutos	Menor capacidad amortiguadora del agua dentro de la planta
Frío o condiciones de tiempo nublado	Menor tasa de transpiración
Baja CE del sustrato	Cuando la transpiración cesa al final del día, la CE baja del sustrato permite que el agua pase a las raíces por ósmosis

Próximos artículos de Grodan®

raíz”. La presión de raíz es más fuerte cuando la transpiración cesa durante la noche o la “actividad” de la planta disminuye.

**¿Qué causa la presión de la raíz?**

En la superficie de la raíz existe una capa única de células que contiene proteínas de

transporte. Estas permiten que los iones (es decir, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>) crucen desde el sustrato adyacente hacia las raíces. Durante el proceso se “queman” los azúcares (vía respiración) producidos durante la fotosíntesis, pero más importante aún, se crea una solución azucarada de iones dentro de la raíz. El agua sigue el flujo de minerales dentro de las raíces a través de un proceso pasivo llamado ósmosis. La planta no puede hacer nada para evitar esto, pero un productor puede limitar su posible impacto negativo sobre los frutos, a través de un correcto manejo de la zona radicular. Voy a discutir con mayor detalle los problemas de calidad de los frutos y el manejo de la zona radicular, en el artículo quinto de la serie, titulado Manejo de la zona

[www.azud.com](http://www.azud.com)

Proximamente en las mejores instalaciones

modular

HELiX SYSTEM

HELiX AUTOMATIC

AZUD

radicular y su impacto en la calidad del fruto.

En este sentido siempre aconsejo a los productores no reducir la CE de la solución de riego, basados únicamente en la intensidad de luz ( $W/m^2$ ), y más bien detener el riego en algún momento antes del atardecer. Esto asegura que la CE del sustrato no sea la más baja cuando la transpiración se detiene, porque una CE mayor en la noche limita el flujo de agua por ósmosis en las raíces. Siempre les recuerdo a los productores que la CE en el sustrato debe estar en su nivel más bajo cuando la intensidad de luz está en su nivel más alto!

Hay muchos factores que pueden influir en la presión de la raíz y los he resumido en el Cuadro 1.

A manera de conclusión, la zona radicular puede ser descrita como la sala de máquinas de un cultivo. Un buen sistema de raíces permite llevar a cabo la respiración en forma eficiente. Sin embargo, el momento en que la respiración empieza y la velocidad con que se esta realice durante el día, son eventos regidos por la interacción que existe entre la zona radical y el aire circulante. En consecuencia, este debería manejarse adecuadamente a fin de mantener el equilibrio óptimo entre planta, producción y calidad de los frutos. Lo anterior puede lograrse si los productores entienden claramente cuáles son las funciones del sustrato y las aprovechan al momento de implementar una estrategia de riego en el sistema computarizado.

## Grodan y la hidroponía en invernaderos

### Nota del Editor

Grodan® ha acumulado a lo largo de los años un gran conocimiento en este tema; el próximo artículo tratará sobre las principales características de los sustratos de invernadero, por qué estos son importantes y cómo deben ser utilizados para lograr objetivos concretos en el manejo de la zona radicular.

### Acerca del Autor

Andrew Lee trabaja para Grodan BV como Gerente de Apoyo a Negocios para América del Norte y Mercados de Exportación. Tiene un doctorado de la Universidad de Londres, Inglaterra, y ha estado trabajando para Grodan® durante los últimos nueve años en la consultoría y asistencia técnica para su base de clientes en todo el mundo. Su serie de artículos que recoge ahora Horticultura está publicada en inglés en la revista Practical Hydroponics & Greenhouses.

Estos artículos están disponibles en:  
[www.horticom.com?74497](http://www.horticom.com?74497)

Traducción del artículo original del autor Jorge Luis Alonso.

## 25 AÑOS de naturaleza protegida en más de 40 países

### Proyectos llave en mano

- Invernaderos
- Umbráculos
- Garden Center
- Naves Usos Múltiples
- Mesas de Cultivo
- Pantallas Térmicas
- Calefacción
- Fog System
- Cooling System
- Ventiladores de Recirculación



### ASTHOR AGRICOLA, S.A.

Polígono de Somonte c/M. G. La Pondala, nº 41.  
 33393 Gijón, Asturias, España  
 Telf. +34 985 303 752 / Fax +34 985 303 753.  
[invernaderos@asthor.com](mailto:invernaderos@asthor.com)  
[www.asthor.com](http://www.asthor.com)