

Riego y fertirriego

R. Kasten Dumroese, Thomas D. Landis y Kim M. Wilkinson

LA IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua es el factor que más puede afectar el crecimiento y la sanidad de las plantas por sí solo. Es esencial para casi todos los procesos vegetales: la fotosíntesis, el transporte de nutrientes, el crecimiento y el desarrollo celular. De hecho, del 80 al 90% del peso de un plantín es agua, por lo cual el manejo del riego es una de las tareas más trascendentes dentro de un vivero.

Se debe determinar cómo, cuándo y cuánto regar. Si bien saltarse un solo evento de riego puede causar daños severos e incluso ocasionar la muerte de plantas, en cualquier etapa de desarrollo, el exceso de riego también genera problemas, ya que es la principal causa de las enfermedades de las raíces, además de producir otros inconvenientes durante el crecimiento de los plantines. Por eso, frecuentemente decimos, en tono de broma, que el agua es el producto químico más peligroso utilizado en un vivero.

El diseño y operación del sistema de riego es fundamental. Un sistema de riego bien diseñado produce plantines de mejor calidad y más sanos, reduce los costos de mano de obra, aumenta la uniformidad y consistencia del cultivo y mejora el uso del agua, reduciendo el volumen de agua residual.

Las necesidades de riego varían de un vivero a otro y además las distintas etapas de crecimiento de las plantas (establecimiento, rápido crecimiento y endurecimiento) requieren diferentes regímenes, los cuales son discutidos en los capítulos de este manual dedicados a cada etapa. Por ende, diseñar un sistema de riego efectivo y eficiente no implica sólo elegir un método específico, sino decidir qué tipo de sistema y qué prácticas se adecuan mejor a las necesidades de las plantas que se quieren producir. Entonces, la elección del sistema de riego más adecuado sólo es posible si se comprenden las necesidades de las plantas, los factores que afectan

la disponibilidad del agua y los detalles de cómo, cuándo y por qué regar. Asimismo, es oportuno recordar que el primer paso para instalar un vivero y su sistema de riego es asegurarse de tener un abastecimiento de agua constante y de buena calidad.

CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua disponible es un factor fundamental a tener en cuenta en la selección del sitio para instalar un vivero que producirá plantines en contenedor y para su gestión. Mejorar el agua de riego de mala calidad suele ser prohibitivo en costos. Se debe tomar una muestra de agua y enviarla a un laboratorio para determinar su calidad: verificar que los tipos y concentraciones de sales disueltas se encuentren dentro de los límites aceptables y que no haya agentes patógenos o plagas. Si la salinidad es alta, la adición de nutrientes puede llevarla a niveles inaceptables (Figura 1). Situaciones como ésta fuerzan a los viveros a utilizar fertilizantes muy diluidos o de liberación lenta, para poder mantener la salinidad dentro de límites admisibles. Algunas prácticas de cultivo, tales como aumentar la porosidad del medio de crecimiento, o forzar la lixiviación frecuente del sustrato, pueden ayudar a aliviar los efectos del agua con altos contenidos de sales. La presencia de impurezas, como semillas o esporas de malezas, hongos, musgos y algas, así como también residuos de pesticidas, suele ser otro de los problemas cuando se utiliza agua superficial en los viveros. La eliminación de estos contaminantes puede ser difícil y costosa, por lo que su discusión va más allá del objetivo de este capítulo.

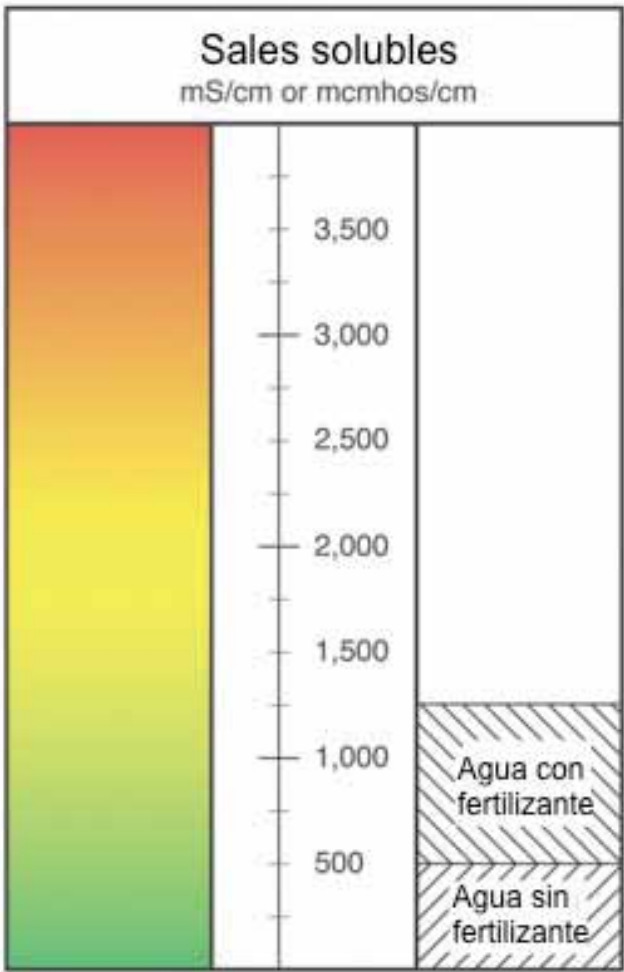


Figura 1. Esquema del efecto de los fertilizantes solubles sobre el sistema de riego. Por ejemplo, agua de buena calidad con una salinidad base de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ suele superar los 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ después de agregar un fertilizante soluble (Ilustración: Jim Marin).

Evaluación de la calidad del agua

Lo ideal es testear el agua al establecer el vivero y posteriormente realizar evaluaciones anuales. El análisis completo del agua para riego comprende la determinación de la salinidad, niveles de nutrientes iónicos, conductividad eléctrica, concentración de iones tóxicos y pH. La Tabla 1 presenta algunos estándares de calidad de agua. Debe tenerse en cuenta que el agua de riego puede contener cantidades apreciables de algunos nutrientes en forma natural (como calcio, magnesio y azufre).

La muestra para evaluar la calidad de agua debe tomarse en forma adecuada. Se debe utilizar una botella plástica limpia, con una tapa hermética, de 250 ml, lo cual es su-

ficiente para la mayoría de las determinaciones. Antes de obtener la muestra, se deja correr el agua por algunos minutos y se enjuaga la botella con el agua a ser analizada, y posteriormente se colecta una muestra de la misma. La botella debe ser etiquetada apropiadamente, con un marcador indeleble, antes de enviarla al laboratorio, lo cual debe realizarse lo antes posible, aunque puede almacenarse refrigerada por un tiempo corto, de ser necesario. Los laboratorios suelen reportar las determinaciones en el término de dos semanas.

Tabla 1. Estándares de calidad de agua de riego para viveros (modificado de Landis et al. 1989).

Índice de calidad	Óptimo	Aceptable	Inaceptable
pH	5,5 a 6,5		
Salinidad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0 a 500	500 a 1.500	> 1.500
Sodio (ppm)			> 50
Cloro (ppm)			> 70
Boro (ppm)			> 0,75

CUÁNTO REGAR

El concepto más importante sobre el riego de contenedores es que se debe aplicar la cantidad justa de agua en cada evento, para forzar una leve lixiviación. Esto simplemente significa aplicar suficiente cantidad de agua al medio de crecimiento como para que un poco de la misma gotee del fondo de los contenedores, aunque no tanta como para que el escurrimiento sea excesivo.

Si se aplica poca cantidad de agua, el sustrato se reseca y se produce acumulación de sales de los fertilizantes utilizados, causando daño por salinidad o quemadura por fertilizante. Si se aplica agua en exceso, el fertilizante es lixiviado de los contenedores y se pierde. Por otro lado,

si se riega con demasiada frecuencia el medio de crecimiento puede mantenerse muy húmedo propiciando el desarrollo de enfermedades de las raíces. Por lo tanto, la regla de oro para el riego por aspersión es aplicar aproximadamente un 10% más de agua que lo necesario, para saturar todo el perfil del medio de crecimiento durante cada evento. Lo más conveniente es realizar frecuentes inspecciones directas, para asegurarse que haya algo de drenaje durante o inmediatamente después de regar.

TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO

El mejor método de riego en un vivero que produce plantas en contenedores depende del tamaño y complejidad de la operación y de los requerimientos de agua de las plantas que se cultiven. Los viveros pequeños pueden preferir regar a mano, mientras que los viveros grandes suelen usar algún tipo de sistema mecánico de riego, como aspersores o emisores móviles.

Riego manual

El riego manual suele ser la estrategia más práctica para regar viveros pequeños. Requiere equipamiento simple y poco costoso: una manguera, un par de boquillas diferentes y un rociador con lanza para manguera. La tarea de regar es más placentera y eficiente si se realizan algunas pequeñas inversiones adicionales, tales como guías suspendidas sobre el cultivo para tender las mangueras y botas de goma para el personal (Biernbaum 1995). Aunque la tarea parece fácil, lograr una buena técnica, y aplicar la cantidad de agua apropiada a todas las plantas puede ser difícil. El administrador del vivero debe asegurarse que las personas que realizan esta operación estén capacitadas adecuadamente y tengan una actitud de compromiso para trabajar en forma efectiva en la aplicación de agua. Un buen riego manual implica (1) dirigir el agua hacia las raíces de las plantas, (2) evitar mojar el follaje, en la medida de lo posible, para ahorrar agua y evitar enfermedades foliares, (3) usar un tipo de boquilla apropiado y una cantidad de agua adecuada para cada cultivo, (4) ajustar el flujo, el volumen y la velocidad del riego para ser eficientes en el uso del agua, evitando la compactación o el lavado del medio de crecimiento (Biernbaum 1995), y (5) aplicar el agua en forma uniforme, teniendo en cuenta variaciones microclimáticas dentro del vivero.

Sistemas de riego con emisores

Los sistemas de emisores suspendidos son tan comunes que es lo que muchas personas visualizan al pensar en el riego. Existen muchos sistemas de riego suspendido, desde emisores fijos hasta sistemas de alas de riego móviles. Los sistemas fijos consisten en una red de emisores espaciados en forma regular y son comunes, porque son menos costosos que los sistemas móviles. Estos últimos tienen alas de riego que se mueven para distribuir el agua por todo el cultivo. Este sistema trabaja bien, pero puede ser demasiado costoso para los viveros pequeños. La próxima sección discute dos sistemas de riego fijos: con emisores suspendidos y con emisores basales.

Emisores fijos suspendidos

El sistema de emisores fijos suspendidos consiste en una serie de líneas de riego paralelas, generalmente construidas de tuberías plásticas de PVC, con aspersores ubicados a intervalos regulares formando una red uniforme. Los emisores suspendidos aplican el agua bastante rápido y realizan bien la tarea si están distribuidos adecuadamente y reciben mantenimiento apropiado.

En general, el ambiente de propagación se divide en áreas de riego independientes, cuyo tamaño depende del número de emisores que la bomba utilizada puede alimentar al mismo tiempo, con una presión de agua apropiada. La presión ideal varía con el tipo de emisores y puede obtenerse de las especificaciones provistas por los fabricantes. Los emisores tienen distintas coberturas -círculo completo, medio círculo, un cuarto de círculo- de forma que se puede lograr cobertura completa ubicando las líneas de riego en el perímetro del sector. Cada área de riego puede controlarse en forma separada con una válvula solenoide, la que puede ser conectada a una "timer", para programar la duración y secuencia de riego. El tamaño de cada sector puede ser diseñado de forma que distintas especies o partidas de semillas con requerimientos de agua diferente sean cultivadas dentro de una misma área. Puede ser una buena idea obtener el asesoramiento de un especialista en riego cuando se planifica un sistema de riego nuevo, para asegurar un equilibrio entre cobertura y presión de agua.

Se utilizan distintos tipos de emisores para los sistemas fijos suspendidos. Los aspersores giratorios, tienen una boquilla sobre un brazo que gira cuando recibe presión de agua (Figura 2A). Los emisores fijos (Figura 2B) no tienen partes móviles pero distribuyen el agua en un patrón de círculo completo, medio o un cuarto de círculo (Figura 2C).

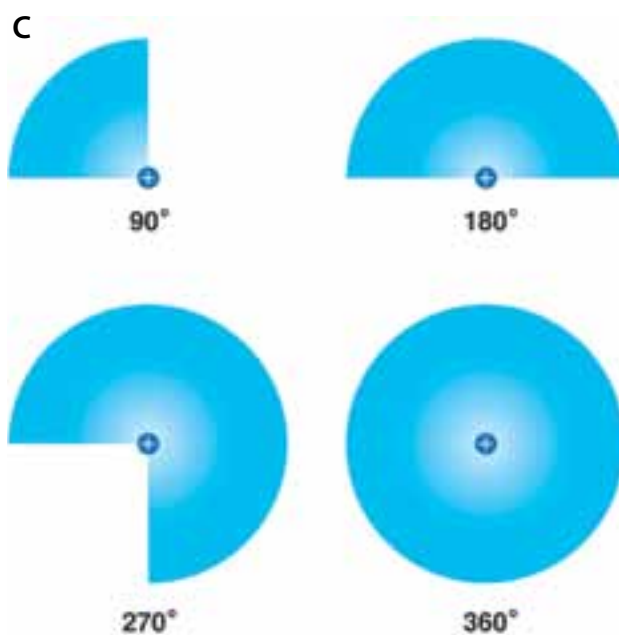
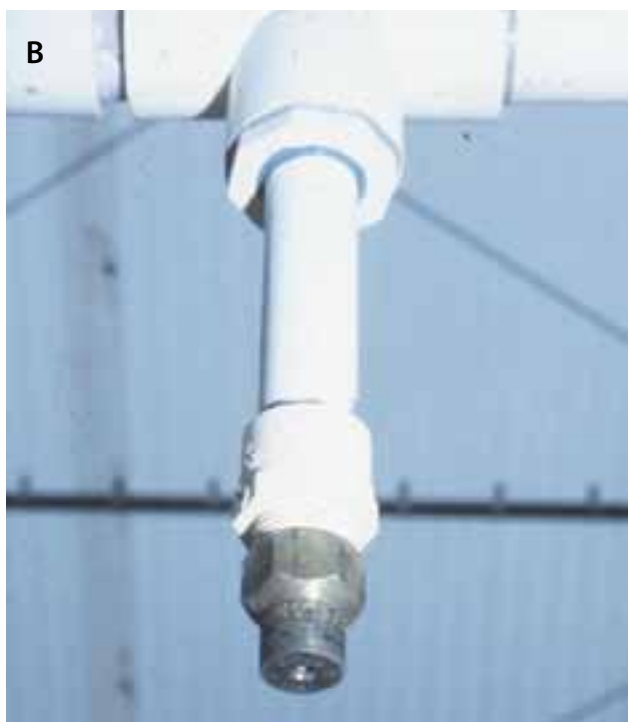


Figura 2. Sistema de riego fijo suspendido con aspersores rotatorios (A) o emisores fijos (B), estos últimos pueden cubrir círculos completos, de un cuarto, media, o tres cuartas partes de una circunferencia (C). Sistema de riego fijo basal con aspersor de impacto rotatorio (D); por su largo alcance este sistema suele utilizarse en cultivos a la intemperie (Fotos: Thomas D. Landis).

Emisores fijos basales

Los sistemas de riego basales suelen utilizarse en grandes áreas de crecimiento o de plantines de remanentes de la temporada, a la intemperie. Son similares a los sistemas suspendidos en su diseño y operación, por cuanto utilizan una red de líneas de riego permanente o móvil, con emisores regularmente distribuidos. Suelen usarse tanto los emisores fijos como los aspersores de impacto rotatorio (Figura 2D). Estos aspersores giran lentamente debido al impacto de un brazo que contiene un resorte, que se mueve alternadamente dentro y fuera del chorro de agua que sale por la boquilla. Hay aspersores de impacto de diferentes fabricaciones, área de cobertura y tamaños de boquilla. Dado que el brazo de impacto es impulsado por la presión del agua del chorro que atraviesa la boquilla, el patrón de distribución de estos aspersores

para regar, depende particularmente de utilizar la presión de agua adecuada. Una ventaja de los sistemas de riego basales es que los aspersores de impacto rotatorio tienen áreas de cobertura relativamente grandes, lo cual implica que se utilizan menores cantidades de boquillas y de tubería de riego.

Emisores móviles

Los sistemas móviles consisten en alas de riego móvil, que se mueven frontalmente dentro del invernáculo. Son el sistema de riego por aspersión más eficiente porque el agua se aplica en un patrón lineal (Figura 3) únicamente sobre el cultivo. Si bien suele ser demasiado costoso para muchos viveros, debe tenerse en cuenta siempre que sea posible. Para más información, ver Landis et al. (1989).



Figura 3. Sistema de riego con emisores móviles en forma de alas. Estas se mueven frontalmente y son eficientes porque aplican el agua únicamente sobre el cultivo (Foto: Thomas D. Landis 1989).

Diseño y monitoreo de sistemas de riego

La eficiencia de un sistema de riego depende principalmente de su diseño original. Pocos procedimientos operativos pueden mejorar un sistema mal diseñado. Por ende es importante consultar a un ingeniero en riego durante las etapas de planificación. Consideraciones de ingeniería básicas, como la pérdida por rozamiento dentro de las tuberías o uniones y el efecto de la presión del agua en el funcionamiento de los emisores, deben ser incorporadas al diseño del sistema de riego.

El espaciamiento y la distribución de los aspersores en sistemas fijos se relacionan con el funcionamiento de las boquillas y el efecto del viento. El tamaño de cada boquilla y el patrón de cobertura resultante pueden establecerse consultando las especificaciones que proveen los fabricantes de los emisores. El viverista debe seleccionar un tamaño de boquilla que sea suficientemente grande como para penetrar el follaje de la planta y minimizar la dispersión por viento, pero no tan grande como para crear problemas de salpicado.

Todos los tipos de emisores fijos aplican agua en un patrón circular y por ende los sistemas de riego deben diseñarse para proveer suficiente superposición entre ellos (Figura 4). Esto es especialmente importante en áreas de crecimiento a la intemperie, donde la dispersión por el viento puede ser significativa. Frecuentemente, los aspersores suelen estar demasiado espaciados en un esfuerzo por ahorrar costos, pero esta es una economía falsa considerando el importante efecto negativo en el crecimiento de la planta.

Dado que la presión del agua tiene un efecto tan importante sobre el funcionamiento y eficiencia de los emisores, esta debe ser monitoreada regularmente, teniendo en cuenta las especificaciones de funcionamiento, a presiones estándar, provista por los fabricantes. La presión del agua se puede verificar en forma regular con un calibrador montado en forma permanente cerca de las boquillas o con un manómetro equipado con un tubo Pitot directamente en el orificio de una boquilla. Esta verificación deberá realizarse en diferentes emisores, incluyendo el que esté más lejos de la bomba. La importancia de los chequeos regulares de la presión de agua no debe subestimarse, porque muchos factores pueden producir

cambios en la presión de las boquillas. Una presión del agua muy alta o muy baja, puede producir patrones de distribución erráticos o en bandas”.

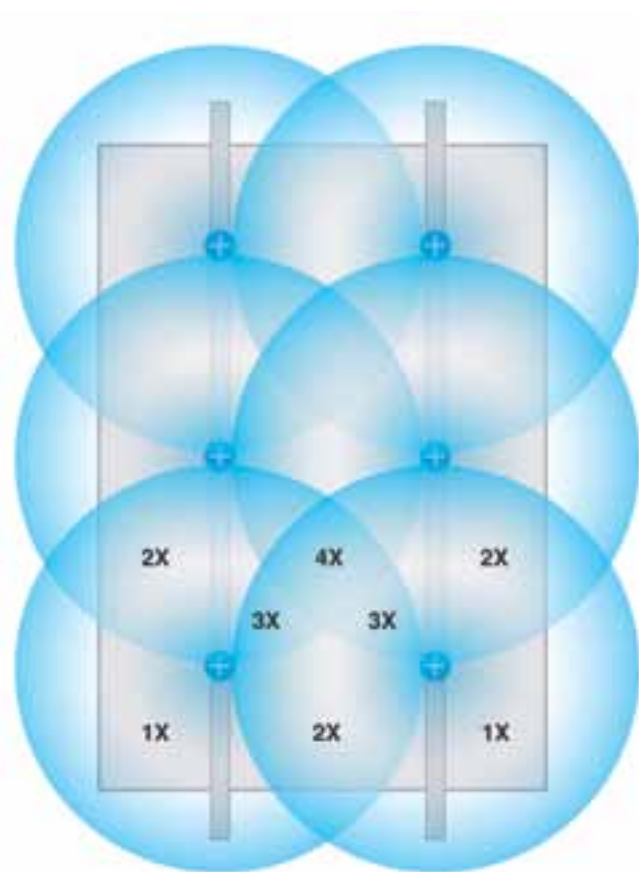


Figura 4. Ejemplo de la superposición que debería existir entre el patrón circular de riego de los distintos aspersores (Ilustración: Jim Marin).

Automatización de los sistemas de riego

Hay diferentes tipos de controladores automáticos en el mercado, que utilizan relojes o “timers”. Este equipo permite al administrador del vivero pre programar períodos de riego, ahorrando tiempo y mano de obra. El viverista prudente, sin embargo, nunca depende completamente de los sistemas automáticos y monitorea la eficiencia del riego y su efecto sobre el crecimiento de las plantas, en forma regular.

EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE LOS SISTEMAS DE RIEGO

Tanto los sistemas nuevos como los que ya están instalados deben ser monitoreados para asegurar que estén funcionando adecuadamente. Los sistemas existentes deben verificarse frecuentemente porque las boquillas pueden obstruirse o desgastarse. La uniformidad con que aplican el agua los sistemas de riego puede ser monitoreada usando un “test de copas” muy simple, que mide el agua de riego interceptada por una serie de vasos distribuidos en forma de cuadrícula regular por toda el área de crecimiento (Figura 5). Los envases utilizados para este test deben tener boca redonda y borde delgado, mientras que la forma no es importante, siempre que sean estables y suficientemente profundos para recolectar varios centímetros cúbicos de agua sin pérdidas por salpicaduras. Una vez aplicado el riego durante el tiempo estándar se apaga el sistema y se mide la profundidad del agua dentro de los vasos, la cual debería ser relativamente uniforme. De no ser así, deben buscarse obstrucciones o problemas en las boquillas en forma individual. Si el test se realiza para un sistema de riego manual, la persona que aplica el agua puede observar dónde ha sido desparejo el riego.



Figura 5. Verificación de la uniformidad de la distribución del agua de un sistema de riego aplicando el “test de copas” (o de vasos). Los vasos se distribuyen de manera regular en un patrón cuadrículado encima del área de cultivo. Una vez aplicado un riego se verifica la profundidad del agua que debe ser la misma en todos los vasos (Foto: Kim M. Wilkinson).

CUÁNDO REGAR

Determinar el contenido de humedad del medio de crecimiento en la mayoría de los contenedores utilizados en los viveros es un desafío, porque es difícil observar o muestrear el sustrato dentro de contenedores pequeños. Sin embargo es absolutamente necesario monitorear en forma regular el contenido de humedad del medio. El limitado volumen de reservas de agua en los contenedores pequeños hace que niveles de estrés hídrico se alcancen rápidamente.

Existen diferentes tipos de equipos para monitorear y evaluar la efectividad de la aplicación de agua, algunos de los cuales están descritos en Landis et al. (1989). Sin embargo los métodos más comunes para monitorear la necesidad de riego son las evaluaciones visuales y táctiles, aunque deberían complementarse con determinaciones formales o informales del peso de los contenedores.

Evaluación visual y táctil

En la realidad, la mayoría de los viveros monitorean la efectividad del riego basándose en la textura y apariencia de las plantas y del sustrato. La mejor técnica es observar la facilidad relativa con que se puede extraer el agua del sustrato por compresión entre los dedos, e intentar relacionar esta condición de humedad con la apariencia de la planta y el peso del contenedor. Este procedimiento requiere mucha experiencia y es muy subjetivo. A pesar de sus evidentes limitaciones, la técnica visual y táctil aún es muy utilizada y puede ser muy efectiva cuando la aplica un viverista experimentado.

Observar el sistema radicular o el medio de crecimiento puede provocar daño en las plantas examinadas, especialmente si se las debe extraer de su contenedor. Esta práctica suele ser necesaria durante la fase de aprendizaje del manejo de un cultivo nuevo. Sin embargo, con el tiempo y la experiencia, indicadores no destructivos como la condición de la planta, la textura y apariencia del medio de crecimiento, así como el peso de los contenedores pueden ser indicadores efectivos, reduciendo o eliminando la necesidad de prácticas destructivas de muestreo.

Peso de las bandejas

El desarrollo de una escala de pesos de las bandejas es una tarea laboriosa, ya que requiere que se mantenga un registro de todas las mediciones. Sin embargo, es una de las pocas técnicas objetivas, no destructivas y repetibles para monitorear el riego en viveros que producen en contenedores. Esta técnica es relativamente fácil de realizar. Luego de sembrar, la bandeja se riega hasta saturar de agua el medio de crecimiento, o sea cuando el agua empieza a gotear por el fondo de las celdas. Al cabo de una hora se la pesa y ese dato se registra como peso “húmedo” o peso “lleno” (Figura 6). El sustrato estará a “capacidad del contenedor”, que conceptualmente es lo mismo que la capacidad de campo del suelo. Con el transcurso de las horas siguientes la bandeja ira perdiendo el agua del sustrato por evaporación y transpiración, disminuyendo su peso, proceso que se controla con nuevas pesadas. El cultivo se volverá a regar cuando el peso de la bandeja llegue a un nivel predeterminado, llamado peso de “riego” (Tabla 2), que dependerá de la especie y de la fase de crecimiento en que se encuentre. Para con-



Figura 6. Determinación del peso de los contenedores para saber cuando es necesario regar el cultivo en función del peso de riego; este se debe determinar para cada especie y fase de crecimiento (Foto: Thomas D. Landis).

tenedores en el oeste de EE.UU., llenados con un sustrato de turba y vermiculita en proporciones 1:1, los plantines de pino ponderosa, en fase de crecimiento rápido, se riegan cuando las bandejas llegan al 80 - 85% del peso saturado. Durante la fase de endurecimiento, este valor se disminuye paulatinamente al 60%. Aunque los viveristas pueden desarrollar un sentido intuitivo para evaluar la perdida de agua del sustrato levantando bandejas al azar, pesarlas en una sencilla balanza doméstica (Figura 6) es una práctica más precisa para decidir cuándo regar. El peso de riego varía significativamente entre especies, debido a la diferente respuesta fisiológica de cada una al estrés hídrico. Por lo tanto a lo largo de todo el período de cultivo, deberán establecerse nuevos pesos húmedos y de riego para cada especie, con una frecuencia de 6 semanas aproximadamente.

Tabla 2. Un ejemplo de hoja de registro de peso de las bandejas, suponiendo un peso húmedo de 11 kg, y que los plantines serán regados cuando el peso de la bandeja testigo llegue al 85% del peso húmedo ($11 \text{ kg} \times 0,85 = 9,35$)

	Ene 21	Ene 22	Ene 23	Ene 24	Ene 25	Ene 26
Peso “húmedo”	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Peso de la bandeja	9,35	10,25	9,9	9,35	10,34	9,13
Porcentaje	85%	93%	90%	85%	94%	83%
Necesidad de riego	Si	No	No	Si	No	Si

CONSERVACIÓN DE AGUA Y DISPOSICIÓN DE AGUA RESIDUAL

Dependiendo de la eficiencia del sistema de riego, la escorrentía y el agua residual pueden ser factores importantes a tener en cuenta. El riego con emisores suspendidos generalmente es poco eficiente. Más allá de la cantidad de agua que se desecha, los fertilizantes y plaguicidas que se aplican a través del sistema de riego pueden contaminar el suelo y el agua subterránea del lugar. Esto ocurre porque generalmente los fertilizantes líquidos y plaguicidas suelen ser aplicados en exceso con respecto a la cantidad de agua requerida para saturar el

medio de crecimiento y estimular la lixiviación del exceso de sales. Originalmente se pensaba que en el suelo las sales de los fertilizantes y los plaguicidas se filtraban o descomponían, pero esta creencia ha sido refutada recientemente.

Una buena planificación y aplicación del riego minimiza la cantidad de agua utilizada y cubre las necesidades de las plantas. La maximización de la eficiencia de los sistemas de riego y la implementación de estrategias de conservación de agua, como el uso del "*mulching*", son las formas más efectivas de manejar el problema reduciendo el drenaje de las bandejas. Si a pesar de estos esfuerzos se genera agua residual, puede ser colectada para su tratamiento y/o redirigida hacia jardines ornamentales o hacia otros cultivos para que otras plantas la utilicen.

FERTIRRIEGO

El fertirriego es la práctica de inyectar fertilizante líquido en el sistema de riego. Puede utilizarse en todos los tipos de sistemas de riego y se utiliza tanto en viveros que producen plantas a raíz desnuda como aquellos que lo hacen en contenedores. El fertirriego permite aplicar los nutrientes minerales en la cantidad y concentración adecuadas, en el momento justo, de forma fácil y uniforme, junto con el agua.

El sistema más simple de fertirriego, adecuado para viveros pequeños, consiste en disolver la cantidad apropiada de fertilizante en una regadera. En viveros grandes se emplean sistemas más complejos, en los cuales el fertilizante es agregado por medio de un mezclador de sifón sencillo o un inyector más sofisticado. Independientemente del equipo que se utilice el proceso es el mismo: el fertilizante concentrado es tomado de una solución madre y se agrega al flujo de agua de la línea de riego, para lograr la concentración que se desee aplicar al cultivo (Figura 7). Por lo tanto, los tres aspectos más importantes de un sistema de fertirriego de este tipo son el nivel de base de los nutrientes en el agua de riego (Figura 7A), la composición de la solución madre utilizada (Figura 7B) y la concentración de los nutrientes en la solución de fertirriego aplicada (Figura 7C). El equipo de fertirriego debe instalarse con dispositivos adecuados para prevenir el retroceso del flujo, para asegurarse de no contaminar al agua potable.

En general, los inyectores mezclan una cantidad dada de una solución madre concentrada con una cierta cantidad de agua de riego, frecuentemente en proporciones de 1:25, 1:50, 1:100, ó 1:200. Esto significa que la solución madre es 25, 50, 100 ó 200 veces más concentrada que la solución final que se aplica sobre los plantines. La proporción de inyección puede ser modificada por la presión de agua, la velocidad del flujo y la antigüedad del equipo utilizado, por lo cual debe verificarse una o dos veces al

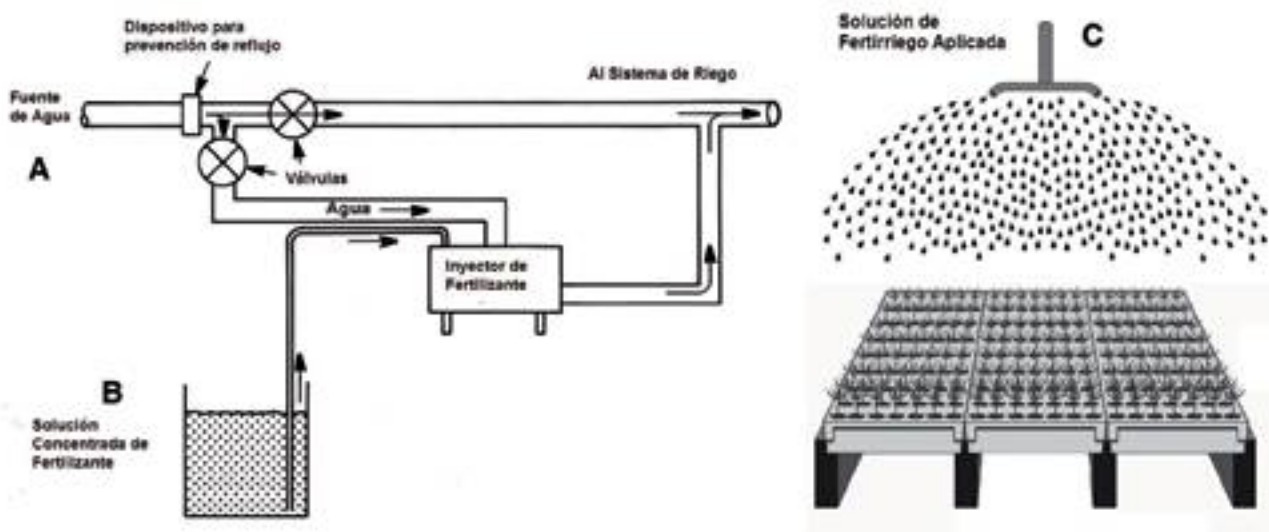


Figura 7. Esquema de un sistema de fertirriego mostrando sus componentes más importantes (modificado a partir de Nelson 1978).

año para asegurarse de estar aplicando la concentración deseada. Este monitoreo sólo puede realizarse durante un evento de fertirriego, procediendo de la siguiente manera: se toma un volumen conocido de solución madre y posteriormente se mide la cantidad de agua que necesita circular por el sistema de riego para que dicho volumen de solución madre sea completamente inyectada. El medidor de flujo se debe ubicar inmediatamente después o “aguas abajo” del inyector para que la determinación resulte sencilla. Si no se tiene un medidor, la cantidad de agua aplicada puede estimarse utilizando el “test de copas” ya descrito, simplemente calculando la superficie de cada recipiente utilizado, midiendo la profundidad del agua acumulada y extrapolando al área cubierta por el sistema de riego.

En general, los fertilizantes pueden inyectarse al sistema de riego como parte de un régimen de fertirriego. Pero, dado que la solución madre puede ser muy concentrada, algunos fertilizantes no pueden mezclarse porque reaccionarían, formando precipitados. En particular, el nitrato de calcio precipita fácilmente con el potasio, el amonio, hierro, zinc, o magnesio. Este problema puede evitarse utilizando un inyector de dos cabezas, de forma que sólo entren en contacto entre sí formas muy diluidas de los fertilizantes, o utilizando los distintos fertilizantes en días alternados de fertirriego. Landis et al. (1989) presentan este tema con mucho más detalle.

Anteriormente se hizo referencia a la necesidad de testear la calidad de agua del riego para conocer si está dentro del rango óptimo (Tabla1). Si el valor del pH resulta muy elevado será necesario reducirlo a un valor próximo a 6 agregando ácido fosfórico o ácido sulfúrico al agua de riego para lo cual suele usarse el inyector. La elección del ácido suele depender de lo difícil que sea reducir el pH: el ácido fosfórico, que es más seguro de manipular, suele elegirse cuando la necesidad de acidificación es pequeña y la capacidad buffer del agua es baja, mientras que el ácido sulfúrico, que es más peligroso, se utiliza en la situación opuesta.

CÁLCULO DE LAS SOLUCIONES

Una forma práctica de planificar el fertirriego es hacerlo de atrás para adelante. Es decir, establecer cual es la necesidad de nutrientes de los plantines, y luego calcular la concentración de fertilizantes en el agua de riego. Una vez que el viverista ha determinado el nivel deseado de fertilización para su cultivo, el siguiente paso es conocer qué proporción de estos nutrientes ya están siendo suministrados por el agua de riego. La diferencia entre estos niveles deberá ser agregada con fertilizantes. Al mismo tiempo, deberá decidir si debe agregar algún ácido para reducir el pH del agua a niveles apropiados. Dado que tanto el ácido fosfórico como el sulfúrico agregan nutrientes, estas cantidades deben también considerarse para alcanzar los valores deseados. Este proceso se describe en detalle en Landis et al. (1989). Habiendo evaluado la cantidad de nutrientes que se necesita incorporar a través de fertilizantes, el viverista esta ahora en condiciones de calcular cuánto producto necesita agregar. Veámoslo a través del siguiente caso práctico:

- Si la cantidad de Nitrógeno a ser adicionada es 100 ppm (mg/L), y se utiliza un fertilizante comercial $20\text{N}:20\text{P}_2\text{O}_5:20\text{K}_2\text{O}$ (tiene 20% de Nitrógeno), entonces se necesita 500 mg/L de fertilizante (100 ppm / 0,2 N).
- Si el inyector trabaja a una tasa de 1:200, significa que la solución madre deberá ser 200 veces más concentrada, o sea, $500 \text{ mg/L} * 200 = 100.000 \text{ mg/L}$, ó 100g/L.
- Si un evento de riego típico usa 4.000 L de agua, la cantidad de solución madre a utilizar se calcula multiplicando el agua total de riego (4.000 L) por la tasa de inyección (1:200), o sea 20 L. Entonces, deben mezclarse 2 kg de fertilizante ($100 \text{ g fertilizante/L} * 20$) en 20 L de agua para obtener una solución madre de la concentración deseada.

Verificación de resultados

No importa cuánto empeño se ponga en los cálculos de fertirriego, lo que en última instancia importa, es la concentración de los nutrientes que salen por la boquilla del aspersor. De hecho, es muy raro que las cantidades calculadas y las cantidades aplicadas sean iguales, pero no deben diferir mucho. Los viveristas prudentes toman muestras de la solución de fertirriego que se aplica al cultivo y comparan esos valores con sus cálculos, tanto para descartar errores en las cuentas como para detectar posibles problemas de funcionamiento en los sistemas de riego o en los inyectores. Un método simple de hacerlo es controlando la conductividad eléctrica (CE). Una muestra de la solución madre concentrada puede ser diluida manualmente sobre la base de la tasa de dilución teórica o esperada del inyector (por ejemplo 1 ml de solución madre puede verse en 200 ml de agua para obtener la disolución que produce un inyector 1:200) y se realiza una medición de CE. Luego, se toma una muestra de la solución de fertirriego que sale de un aspersor y se realiza otra medición de CE. Estos dos valores, que deberían ser similares, son fáciles de leer con los nuevos medidores de conductividad, los cuales son confiables y bastante accesibles.

LECTURAS ADICIONALES

Landis et al. (1989) provee información mucho más detallada sobre riego, fertilización y fertirriego. Versiones en inglés y castellano están disponibles en <http://www.rngr.net/Publications/ctnm>.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Biernbaum J. 1995. How to hand water: with new irrigation systems designed to conserve water and prevent runoff, we forget there is still a lot of hand watering that could be done better. *Greenhouse Grower*, 13 (14): 39, 42, 44.

Dumroese, R.K., Luna T. y T.D. Landis. (Editores). 2009. Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries. Volume 1: nursery management. Washington (DC): USDA Forest Service. Agriculture Handbook 730. 302 p. (<http://www.treeseearch.fs.fed.us/pubs/33057>).

Handreck, K. A. y N.D. Black. 1984. Growing media for ornamental plants and turf. Kensington, NSW, Australia: New South Wales University Press. 401 p.

Jones, J.B. Jr. 1983. A guide for the hydroponic and soilless culture grower. Portland, OR: Timber Press. 124 p.

Landis, T.D. y K.M. Wilkinson. 2009. Water quality and irrigation. En: Dumroese, R.K., Luna T. y T.D. Landis (Editores). 2009. Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries. Volume 1: nursery management. Washington (DC): USDA Forest Service. Agriculture Handbook 730. p 177-199. (<http://www.treeseearch.fs.fed.us/pubs/33077>).

Landis, T.D., Tinus, R.W., MacDonald S.E. y J.P. Barnett. 1989. The container tree nursery manual: volume 4, seedling nutrition and irrigation. Agriculture Handbook 674. Washington (DC): U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 119 p. (<http://www.rngr.net/Publications/ctnm>). Disponible en español.