

## **Capítulo IX**

### **Riego y drenaje en el cultivo de lima ácida Tahití**

Liliana Ríos-Rojas

Los cítricos, y en general las plantas, sufren de estrés hídrico a causa de la baja disponibilidad de agua, lo que repercute en un desarrollo pobre de la plantación, influye de manera significativa en la etapa de llenado del fruto, y afecta el rendimiento y la calidad.

La falta de agua disminuye el tamaño, la cantidad de jugo y el peso de la fruta. Un huerto bien regado y nutrido direcciona de manera eficiente los productos fotosintéticos a la formación de estructuras en toda la planta (Dorado, Grajales, & Ríos, 2015).

En los estudios liderados por AGROSAVIA entre los años 2007 y 2017 se obtuvieron una serie de resultados, que permiten hacer recomendaciones para planificar de forma eficaz el riego y la nutrición en los cultivos de lima ácida Tahití.

Dorado (2011) recomienda planificar el área inicialmente, a partir de la disponibilidad de la fuente hídrica y en época de estiaje, con el fin de minimizar la probabilidad de llegar a situaciones de estrés por déficit hídrico, dada la insuficiencia del recurso en determinadas temporadas del año. El conocimiento de los volúmenes desde la fuente permite controlar las cantidades que se deben regar (modular la aplicación), que a su vez se basan en las necesidades hídricas del cultivo completo.

El requerimiento está directamente relacionado con el consumo hídrico (planta + atmósfera) y obliga a mantener una disponibilidad constante en el suelo, que sea, como mínimo, igual al consumo. En suelos arenosos como los de la zona productora de lima ácida Tahití en el Tolima, la disponibilidad se agota con facilidad, dada la alta demanda (Ríos-Rojas, Correa, Rojas-Marín, & Dorado, 2018).

En la investigación desarrollada por AGROSAVIA (Ríos-Rojas et al., 2018) para suelos arenosos y altos consumos atmosféricos como los del Tolima, se evidencia que el almacenamiento equivale a menos del 5 %, y en promedio se agota en siete horas, cuando alcanza niveles de humedad cercanos al punto de marchitez permanente (PMP). Este factor de agotamiento indica que, para mantener la planta activa durante el periodo de luz, se debe aplicar riego por lo menos dos veces al día, llevando al suelo a tensiones entre 0,3 y 0,5 bares, pues niveles menores de humedad se agotan aún más rápido.

Para el caso de suelos del tipo arcilloso, el almacenamiento es mayor, la humedad reside durante un tiempo más largo, y las frecuencias de riego pueden ser de 24 a 36 horas; este sería el caso de los huertos de Santander y el Valle del Cauca. Ahora bien, esta recomendación no es genérica, e incluso entre fincas de la misma localidad es necesario hacer un seguimiento continuado a la humedad del suelo en el sitio del cultivo (Ríos-Rojas et al., 2018).

## Modo de aplicación del agua

El tipo de riego se elige en función de las características del suelo. En suelos arcillosos se debe optar por bajos caudales de emisión, aún más si se trata de cultivos en ladera. Para estos suelos, los emisores ideales son goteros, y la elección del caudal de cada uno de ellos depende de la presión del sistema (bomba y volumen completo para el cultivo).

Es necesario cubrir la zona de raíces completa, lo que implica realizar una prueba de bulbo húmedo, definir el área que puede cubrir cada emisor y así cuantificar el número de emisores o goteros que se requieren alrededor del árbol. Esta prueba se hace instalando un gotero (emisor) y permitiendo que funcione durante un periodo determinado.

En este tiempo ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3...$ ), el área humedecida crece hasta que llega a ser constante en el tiempo  $t_n$  (figura 54). Este  $t_n$  es diferente para cada tipo de suelo y cada caudal del emisor (Ríos-Rojas et al., 2018).

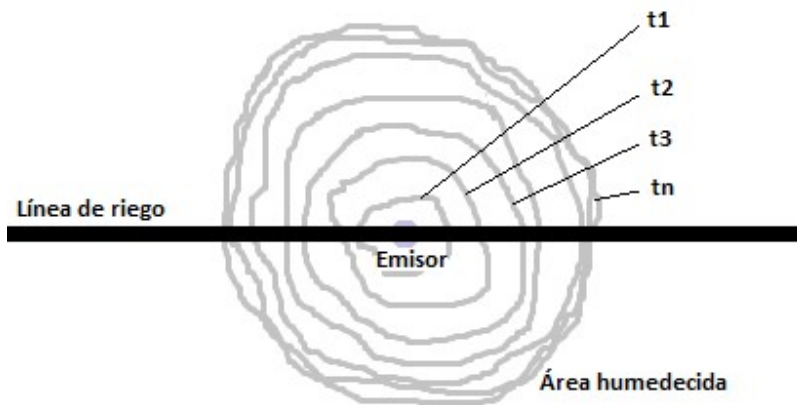


Ilustración: Liliana Ríos-Rojas

**Figura 54.** Crecimiento en el tiempo del área mojada.

En la figura 55 se puede observar la distribución de los bulbos de humedecimiento, a partir de la cual se define la opción más adecuada de emisores, según el tipo de material granular del suelo. Esta selección es más acertada si se cuenta con un análisis de física de suelos. Para cultivos perennes, en los que el riego se hace alrededor del árbol, se prefiere que cubra la zona completa de raíces, para lo cual se recomienda ubicar los emisores en forma de anillo.



Ilustración: Liliana Ríos-Rojas

**Figura 55.** Bulbo de humedecimiento según el tipo de suelo.

Para el caso de suelos arenosos con alta capacidad de drenaje, se aconseja el uso de microaspersores. En cualquier condición de suelo, siempre es más recomendable usar bajos caudales en microaspersión, y en este caso, si se tiene la capacidad hidráulica para mover grandes caudales, es preferible instalar un mayor número de emisores para cubrir el área del árbol.

Si se cuenta con una bomba que aporta baja presión, se deben usar microaspersores de bajo caudal, de 25 a 30 l/h. Lo importante es que la aspersion cubra completamente la zona de raíces, y por consiguiente la cantidad de emisores se calcula a partir del área total que se va a regar (plato del árbol), dividida por el área mojada que demarca cada aspersor (figura 56). Los emisores de aspersion de 180° son los más recomendables, para evitar humedecer el tronco del árbol (Ríos-Rojas et al., 2018).

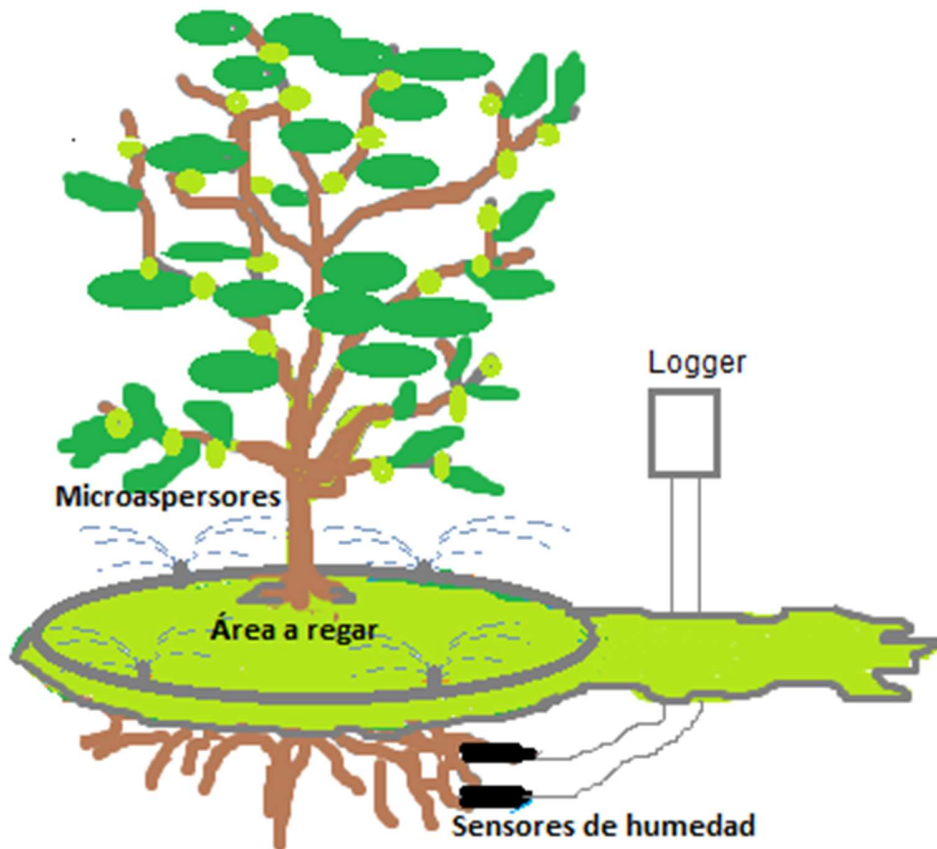


Ilustración: Liliana Ríos-Rojas

**Figura 56.** Ubicación de emisores y sensores de humedad para el control de riego.

## Seguimiento a la humedad del suelo

Ríos-Rojas et al. (2018) recomiendan realizar el control de los periodos y frecuencias de riego usando sensores de humedad del suelo, que permitan cuantificar el tiempo en el que el suelo alcanza la humedad deseada en porcentaje a volumen, previamente caracterizado con la curva de retención de humedad del suelo (CRH), que se determina en un laboratorio de análisis de suelos.

Los sensores de humedad constituyen una herramienta eficiente, que facilita la toma de decisiones en la programación del riego, la cantidad de agua y el momento de aplicarla (Lagunas, 2013).

Por un lado, el periodo de riego es el tiempo en el que, desde una humedad antecedente, el suelo alcanza la capacidad de campo (cc), que es la humedad máxima recomendada para cada tipo de suelo, en huertos comerciales. En suelos pesados, será suficiente regar y mantener la humedad hasta un 80 % de la cc.

Por otra parte, la frecuencia de riego es el tiempo transcurrido entre un riego y otro, y en este caso se recomienda que sea menor a 12 horas en un huerto instalado en suelo arenoso, y no mayor a 48 horas en suelos arcillosos. Sin embargo, la decisión más acertada es hacer un monitoreo de la humedad, y volver a regar cuando se haya consumido el 30 % de la cc, en suelos arenosos. En suelos arcillosos, se puede dejar consumir el 30 % de la humedad, equivalente al 80 % de la cc, en el que se recomienda mantener el suelo, para volver a regar.

Este criterio ha sido ampliamente usado en plantaciones comerciales con fines de exportación, y el monitoreo en huertos tecnificados se realiza con sensores de humedad. El sensor se ubica en la zona de raíces y, si hay posibilidad de instalar dos, se recomienda que el segundo se instale bajo esa zona.

La figura 56 contiene un esquema de la instalación, donde el sensor debería siempre marcar una humedad baja y constante, lo que permite verificar que no se está excediendo el volumen de riego.

En caso de no contar con un sensor de humedad, el análisis se puede hacer con una prueba de humedad gravimétrica, la cual consiste en tomar una muestra representativa del suelo (unos 200 g) antes de regar, y pesarla en una gramera previamente calibrada, con lo que se obtiene el peso de suelo húmedo (PSH).

Una vez que se conoce el PSH, la muestra se lleva a secado, que puede hacerse en un horno convencional o microondas, o en una estufa sobre una superficie metálica o de cerámica. Este proceso debe ser monitoreado, pesando la muestra cada determinado tiempo, que es más corto entre más eficiente es el equipo de secado. En cada ocasión, se cuantifica el peso de suelo seco (PSS) de la muestra, hasta que sea constante. Cuando esto se logra, se aplica la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \left[ \left( \frac{PSH - PSS}{PSS} \right) \times Da \right] \times 1000$$

Donde la *Da* es la densidad aparente, que se obtiene mediante un análisis físico de suelos, realizado en un laboratorio especializado.

Es necesario tener en cuenta que la gramera debe estar disponible para realizar el pesado de la muestra, inmediatamente después de que se retire de la fuente de calor, para que no gane humedad proveniente del ambiente.

De este modo se obtiene el porcentaje de humedad con base en el volumen, que debe ser comparado con el valor de 0,3 cc, para suelos arenosos, y 0,3 \* (0,8 cc) para suelos arcillosos, antes de volver a regar. De no haberse consumido la humedad a este límite, no se riega, y se espera hasta que se alcance este valor. Ahora bien, si se ha consumido o superado el límite, se debe regar de inmediato. Se requiere regar hasta 1 cc en suelos livianos y hasta 0,8 cc en suelos pesados.

En caso de no poseer los medios para realizar la cuantificación del contenido de humedad del suelo, se permite regar por lo menos dos veces al día en sitios cálidos y con suelos arenosos (Ríos-Rojas et al., 2018). El primer riego se debe hacer en horas de la mañana, poco antes de la salida del sol, y el segundo siete horas después, en horas de luz.

Si hay precipitaciones, se debe tomar el evento como un riego, y regar 7 horas después si no vuelve a llover durante ese periodo. Siempre es necesario consultar el contenido de humedad del suelo. Esta recomendación es obligatoria para cualquier tipo de suelo y en cualquier régimen climático (Ríos-Rojas et al., 2018).

## Tiempo y volumen de riego

En la determinación del tiempo y el volumen de riego, intervienen varios elementos y cálculos. En primer lugar, en lo que respecta al tiempo, se debe conocer el volumen de raíces ( $V_r$ ), compuesto por el área a regar ( $A$ ) y la profundidad de raíces ( $P$ ), ambas medidas en metros (m). Así, el volumen de suelo ( $V_s$ ) resulta de la siguiente fórmula:

$$V_s (m^3) = A (m^2) \times P (m)$$

Es necesario recordar que la capacidad de campo ( $cc$ ) representa el porcentaje del  $V_s$  que contiene agua, y que su valor ya se conoce, pues ha sido definido en el laboratorio, con la CRH. Así:

$$V_r = V_s \times CC$$

Donde:  $V_r$  es el volumen por regar.

Si se desea llevar al suelo a la  $cc$  o a un porcentaje de esta (80 % para suelos arcillosos), el  $V_r$  deberá ser además operado por ese porcentaje. En suelos arenosos, se riega hasta la  $cc$  y en arcillosos hasta el 0,8 de la  $cc$ .

Por su parte, el tiempo de riego ( $t$ ) para cumplir con el  $V_r$ , dependerá del caudal de emisión:

$$Q_e \left( \frac{L}{h} \right) = Q_{emisor} \times \# \text{ de emisores}$$

Dado que  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$

$$t(\text{min}) = \left[ Vr(\text{m}^3) \times \frac{10000(\text{L})}{Qe(\text{L}/\text{h})} \right] \times 60 (\text{min}/\text{h})$$

Si se poseen sensores de humedad, es suficiente consultar el valor de la humedad del suelo y regar cuando el nivel esté debajo del 0,7 de la cc para arenas, o  $0,7 \times (0,8 \text{ cc})$  para arcillas.

No es recomendable regar con base en la ETo (evapotranspiración de referencia), ya que la lámina de consumo cuantifica solo la demanda atmosférica y no considera la disponibilidad hídrica, definida por la capacidad de almacenamiento del suelo, que en los suelos arenosos es muy baja y en los arcillosos muy alta.

Hacer un manejo conjunto, cuantificando el consumo (ETo) y la disponibilidad, permite ajustar de mejor manera el programa de riego. Tal como se ha mencionado, un suelo arenoso no puede ser regado con la misma frecuencia y periodo que uno arcilloso. Incluso para una misma especie y condición climática, el riego debe ser calculado de manera diferencial y en función del tipo de suelo.

En frutales leñosos, es necesario tener en cuenta que la humedad debe cubrir el mayor volumen de raíces absorbentes posible, por lo cual, se requiere conocer la ubicación del sistema radical completo. La exploración de raíces se puede hacer con una calicata o un barreno (Ríos-Rojas et al., 2018).

Dentro de las expectativas para la zona de producción de cítricos, se encuentra el hecho de lograr que el 100 % de las plantaciones se manejen con riego presurizado. Se recomienda que los productores realicen análisis físicos de suelos para cuantificar la CRH (CC y PMP), la densidad aparente, la textura y la estructura, parámetros con los que se logra una mejor selección del sistema de emisión del riego.

En suelos arcillosos de ladera, el uso de riego por goteo, con emisores de bajos caudales, que no superen los 8 L/h, es una condición obligada. En los arenosos se debe preferir el riego por microaspersión, que permite, entre otras ventajas, una mayor eficiencia de aplicación, economía de agua, disminución de costos de mano de obra para el manejo de malezas, y la oportunidad de utilizar fertirriego.

El uso de sensores de humedad o la realización de la prueba de gravimetría hace posible diseñar un programa más ajustado en lo que se refiere al periodo y la frecuencia de riego (Ríos-Rojas et al., 2018).

## **Drenaje**

De acuerdo con Villón-Béjar (2007), el drenaje es la remoción de los excesos de agua. El drenaje agrícola consiste en un conjunto de técnicas, que permiten eliminar cualquier exceso de agua o sales que se presente en la superficie del suelo o en la zona radicular de los cultivos, con el objetivo de proporcionarles un medio adecuado para su normal desarrollo, y mantener el suelo en condiciones favorables (Villón-Béjar, 2007).

Los cítricos responden al exceso de agua disminuyendo la conductancia estomática y, por tanto, el intercambio gaseoso. Asimismo, este estrés generado por la condición de anoxia provoca una reducción en la conductividad hidráulica de las raíces, que desencadena el bloqueo de procesos metabólicos (Núñez-Vázquez, Dell'Amico-Rodríguez, Pérez-Hernández, & Betancourt-Grandal, 2017), lo cual obstaculiza el crecimiento y la producción.

En algunos ambientes productivos de Colombia, la instalación de los huertos requiere la modificación de las condiciones. En ocasiones, estas modificaciones riñen con la conservación de los recursos, como en el caso de los sumideros (lagunas, lagos o zonas bajas), donde el agua confluye para evaporarse e infiltrarse.

Tradicionalmente, estas zonas adecuadas para cultivos tienen necesidad de drenaje, así como las áreas de influencia continuada de los acuíferos, donde los niveles freáticos altos impiden el adecuado desarrollo de las raíces (Jiménez, Moreno, & Magnitskiy, 2013). Otro factor que también implica drenaje es la acumulación subsuperficial de agua en acuíferos colgados, que ocurren con frecuencia en zonas rocosas de afloración en ladera.

Los huertos cítricos instalados en alguno de los ambientes antes nombrados necesitan el drenaje, ya que, como lo reportan Hossain, López-Clement, Arbona, Pérez-Clemente y Gómez-Cadenas (2009), el cultivo presenta una alta sensibilidad al estrés hídrico por inundación.

En el caso de los huertos de Santander, típicamente instalados en zonas de ladera, los excesos hídricos discurren tanto de manera superficial como subsuperficial. El drenaje natural con flujos subsuperficiales debe ser bloqueado, dado que es uno de los factores que ocasionan erosión y remoción en masa (Dorado et al., 2015).

El bloqueo de estos flujos se hace cavando zanjas cortaflujo en las zonas altas, a través de la pendiente. En la figura 57 se observa un huerto de lima ácida Tahití en Santander, afectado por un flujo subsuperficial, que causó el desprendimiento del suelo en un sector del huerto, una remoción en masa.



Foto: Jairo López-González

**Figura 57.** Deslizamiento por mal drenaje en un huerto de lima ácida Tahití en Santander.

Adicionalmente, a través del huerto y en curvas a nivel, se deben hacer canales de poca profundidad, que disminuyan la energía de los flujos en temporada lluviosa. En estos ambientes, permitir las coberturas vegetales de bajo porte es siempre preferible, dado que estas plantas asociadas tienen un efecto de amarre al suelo y minimizan problemas erosivos por excesos hídricos.

Respecto a las obras de drenaje en los huertos con condición topográfica plana, lo más recomendable es hacer siembras en caballones o montículos (figura 58), que ayudan cuando se presentan eventos extremos de exceso de precipitación o de desborde de corrientes hídricas superficiales.

Estas obras también son útiles en sitios donde el nivel freático es alto. Con los camellones se evita hacer obras subterráneas de alto costo de instalación y mantenimiento, y se define mejor el área para la aplicación de riego y fertilización.



Foto: Liliana Ríos-Rojas

**Figura 58.** Cultivo de cítricos en montículos en Guamo (Tolima).

En huertos que tienen niveles freáticos altos de manera temporal o permanente, se debe considerar la construcción de una red subterránea para la evacuación de los excesos de agua. Por su parte, la napa freática se convierte en una fuente de humedad para el huerto, a causa de los procesos de capilaridad y evaporación, generando ambientes propicios para el desarrollo de enfermedades.

## Agradecimientos

Los datos aquí publicados provienen del trabajo conjunto de AGROSAVIA y los productores aliados. En el Tolima se tuvo el apoyo valioso y constante de Matilde Antia, Andrés Rincón, Alfonso Montaña, Fernando Escovar y Nury Triana. En Santander, el autor hace un homenaje a don Hernando Ortiz P. (q. e. p. d.), quien ofreció un total apoyo a su trabajo. Finalmente, se agradece al biólogo Yeison David López-Galé y al doctor Takumasa Kondo, investigador sénior, del CI Palmira, por su valioso apoyo en la edición del documento.

## Referencias

- Dorado, D. (2011). *Influencia del riego y la fertilización en el rendimiento y calidad de lima ácida Tahití (Citrus latifolia Tanaka)* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Dorado, D., Grajales, L., & Ríos, L. (2015). Efecto del riego y la fertilización sobre el rendimiento y la calidad de la fruta de lima ácida Tahití *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 87-93.
- Hossain, Z., López-Climent, M. F., Arbona, V., Pérez-Clemente, R. M., & Gómez-Cadenas, A. (2009). Modulation of the antioxidant system in citrus under waterlogging and subsequent drainage. *Journal of Plant Physiology*, 166(13), 1391-1404.
- Jiménez, J., Moreno, L., & Magnitskiy, S. (2013). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96-109.
- Lagunas, A. (2013). *Evaluación del manejo del riego por medio de sensores de humedad del suelo en un cultivo de tomate para industria* (Tesis de pregrado). Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.
- Núñez-Vázquez, M., Dell'Amico-Rodríguez, J., Pérez-Hernández, M., & Betancourt-Grandal, M. (2017). Estrés hídrico y salino en cítricos. Estrategias para la reducción de daños. *Cultivos tropicales*, 38(4), 65-74.
- Ríos-Rojas, L., Correa, J., Rojas-Marín, C., & Dorado, D. (2018). Caracterización edafoclimática de la zona productora de lima ácida Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) en el Tolima (Colombia), afectada por una fisiopatía. *Corpoica Ciencia y tecnología Agropecuaria*, 19(3), 545-567.
- Villón-Béjar, M. (2007). *Hidráulica de canales*. Lima, Perú: Editorial Villón.