

# Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

## **Integración de la Junta Directiva**

**Ing. Agr., MSc. Enzo Benech** - Presidente

**Ing. Agr., Dr. Mario García** - Vicepresidente



**Ing. Agr. José Bonica**

**Dr. Alvaro Bentancur**



**Ing. Agr., MSc. Rodolfo M. Irigoyen**

**Ing. Agr. Mario Costa**



## **Efecto del umbral de riego sobre la evolución del perfil de humedecimiento del suelo y su repercusión en los parámetros fisiológicos y productivos de la mandarina Satsuma cv. ‘Owari’**

Carmen Goñi<sup>1</sup> y Alvaro Otero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Área de Riego y Nutrición, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; [cgoni@inia.org.uy](mailto:cgoni@inia.org.uy)

<sup>2</sup> Área de Fisiología y Manejo, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; [aotero@inia.org.uy](mailto:aotero@inia.org.uy)

### **Introducción**

El agua es un factor crítico para el crecimiento, producción y calidad de los cítricos. La producción de satsuma Owari bajo riego, al igual que otras mandarinas, depende del correcto manejo. Adecuar la aplicación del riego al período fenológico del cultivo y determinar el mejor umbral es uno de los desafíos importantes en la citricultura uruguaya. El incremento en el rendimiento debido al riego suplementario en mandarina satsuma se da por el aumento en el tamaño del fruto y no por el incremento en el número de éstos para las condiciones agroecológicas del litoral noroeste de Uruguay (Goñi y Otero, 2009).

La determinación del punto de máximo agotamiento del suelo sin que sean afectados los principales componentes del rendimiento, como criterio para reponer la lámina de riego es una tarea que debe ser dilucidada. Uno de los puntos críticos, es conocer el contenido actual de agua en el suelo, que suele ser una tarea laboriosa sin un apropiado y periódico monitoreo del mismo. La sonda de neutrones es un instrumento ampliamente aceptado para monitorear el contenido de agua en el suelo, por ser eficiente, confiable, rápido, no destructivo y poco laborioso, a pesar del alto costo del mismo y los problemas relativos a la seguridad en su manejo (Greacen, 1981). Actualmente existe una gran variedad de sensores y sistemas de conexiones inalámbricas que han facilitado esta tarea y posibilitan la implementación de redes de sensores que facilitan la gestión del riego teniendo en cuenta la variabilidad espacial de los suelos, habitualmente encontrada en nuestros predios.

Más allá de las características propias de la combinación copa/portainjerto y de las limitantes de un suelo específico, las fluctuaciones en el crecimiento-muerte de las raíces acompañan las fluctuaciones del contenido de humedad del suelo (Kriedmann y Barrs, 1981).

Este trabajo busca hacer aportes en la optimización del riego para satsuma Owari, en las condiciones de Salto, conociendo la redistribución del agua en el perfil con riegos aplicados en distintos momentos del ciclo fenológico y con dos umbrales de máximo agotamiento del agua permitido del suelo.

### **Materiales y Métodos**

El experimento se llevó a cabo en un cuadro de Satsuma Owari sobre *T. Pomeroy* desde plantación, sobre un Brunosol Subéutrico de la zona citrícola de Salto. Se comparó el efecto de dos umbrales de riego: a) permitiendo el agotamiento del agua en el suelo, hasta un máximo del 25% del agua disponible (AD) hasta 30 cm de profundidad y

b) cuando el agotamiento del contenido de agua del suelo llegara a un 50% del AD hasta 30 cm de profundidad. Al mismo tiempo, se evaluó la oportunidad del riego suplementario en tres momentos fenológicos: a) riego desde el inicio de brotación a diciembre, b) riego desde el inicio de brotación a marzo y c) riego durante todo el año. El sistema de riego consta de microaspersores de 35 l/h, con un emisor por planta, cada turno de riego dura 6 horas. El contenido volumétrico de agua en el suelo (Hv%) fue medido con una sonda de neutrones (CPN 503, Australia) El monitoreo del agua del suelo se realizó dos veces por semana en los tubos de acceso a la sonda en seis profundidades: 10, 20, 30, 45, 60 y 70 cm colocados bajo la copa a 50 cm del emisor. Cuando se llega al umbral de máximo agotamiento permitido del suelo, se realizan los turnos de riego necesarios hasta llegar a capacidad de campo (reposición hasta alcanzar el 100% del AD).

*Conductividad estomática (gs).* La conductividad estomática de las hojas fue medida con un porómetro portátil (AP4 DeltaT, UK), previa calibración antes de realizar las medidas. Se midieron 10 hojas plenamente expandidas de brotes no fructíferos de la brotación de primavera por árbol, en tres plantas por tratamiento del experimento.

*Potencial xilemático de tallo.* Se midió en 3 hojas por planta en tres plantas por tratamiento del experimento. Se utilizaron hojas maduras de la brotación de primavera, de la zona ecuatorial del árbol. A cada hoja se la envolvió en un sobre de plástico negro, que a su vez fue recubierto por una hoja de papel aluminio. Luego de 3 horas a cada hoja se le midió el potencial hídrico con una cámara de presión (Scholander, 1965) asumiendo que las hojas estaban en equilibrio con el potencial xilemático del tallo (Barry et al. 2004).

*Rendimiento.* En el momento de la madurez comercial se evaluó el número y el peso total de los frutos de cada planta del experimento.

La unidad experimental está compuesta de cinco plantas y se utiliza un diseño de bloques subdivididos con tres repeticiones por tratamiento. Se utilizaron los procedimientos estándares (Proc Glim y Proc Genmod) del SAS.

## **Resultados y Discusión**

Para las condiciones de Salto, los datos experimentales de 10 años en satsuma Owari indican la existencia de un efecto significativo en la producción, dependiendo del umbral máximo de agotamiento permitido del agua en el suelo, comparando el 25% o el 50% del AD en el suelo (Figura 1). En la mayoría de los años, la producción en satsuma Owari es superior cuando se permite un agotamiento del contenido de agua en el suelo hasta un 50% del AD (Goñi y Otero 2009). Esta tendencia se mantuvo aún en el último ciclo productivo 2009-10, que se caracterizó por tener un verano muy lluvioso, aunque con cortos periodos de déficit hídrico en etapas fenológicas donde se han evidenciado respuestas productivas al riego suplementario.

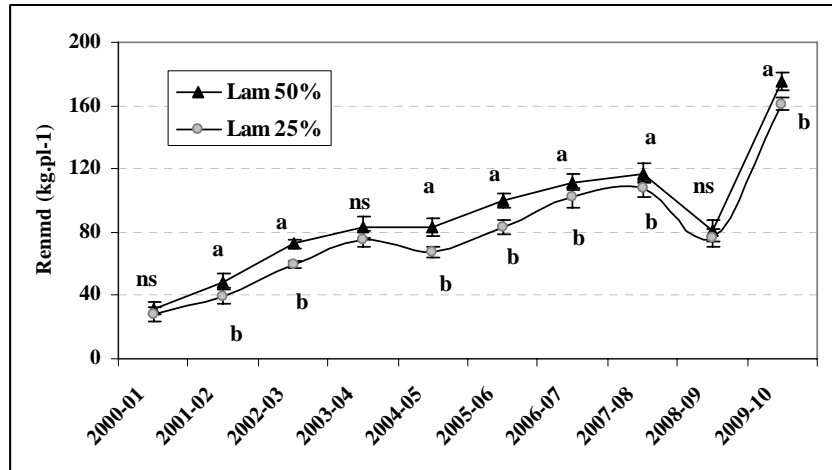


Figura 1. Efecto comparado de la producción de mandarina satsuma Owari sobre *T. Pomeroy* con dos criterios de agotamiento del agua en el suelo 25% y 50% del AD. Medias con diferente letra para la misma fecha son significativamente distintas ( $P \leq 0,05$ ), TRM Duncan. Barras corresponden al error estándar de las medias.

En el ciclo productivo 2009-10 se efectivizaron 13 turnos de riego cuando se permitió el agotamiento del agua en el suelo hasta el 25 % del AD, mientras que se realizaron solo 4 turnos de riego cuando el agotamiento fue hasta el 50% del AD. Permitir un mayor agotamiento del agua en el suelo como criterio para reanudar el riego, ha hecho que el intervalo de tiempo entre dos riegos consecutivos sea mayor, y en consecuencia, el régimen de precipitaciones de la zona, pasa a jugar un papel importante. Posiblemente, esto haya permitido que mayor cantidad de agua de lluvia penetre al perfil (menor saturación el suelo, menor escurrimiento superficial) de tal forma que se pueda reducir el agua propia de riego aplicada en forma significativa. Teniendo en cuenta que en cada turno de riego la cantidad de agua volcada por el sistema fue la misma, cuando se implementó el criterio de permitir agotar el contenido de agua hasta el 50% del AD, trajo como consecuencia un menor gasto por consumo eléctrico.

#### *Evolución del contenido de agua en el suelo*

El monitoreo con la sonda de neutrones fue usado para definir en inicio del riego y sirve para comparar el efecto de los tratamientos en el padrón de redistribución del agua a distintas profundidades del perfil del suelo.

El contenido de agua del suelo medido con la sonda de neutrones nos ayuda a ejemplificar situaciones muy contrastantes como las ocurridas en los dos últimos ciclos productivos 2008-09 y 2009-10 (Figura 2 y 3).

*Riego desde brotación hasta diciembre.* A noviembre del 2008, para el umbral de agotamiento del 25% y del 50% del AD el contenido de agua se mantuvo dentro del rango preestablecido, pero con diferencias importantes en el contenido de agua en profundidad. El perfil de suelo se secaba rápidamente en profundidad.

A partir de diciembre este tratamiento se comporta como un seco. La ocurrencia de precipitaciones es la única recarga de agua al perfil hasta el inicio de la nueva brotación donde se reanuda el riego.

En la salida del período del déficit hídrico de 2008-09 estas diferencias en los Hv% eran más acentuadas aún en profundidad entre los umbrales del 25 y 50% del AD. En el muestreo de febrero del 2009 los valores de Hv% fueron inferiores al punto de marchitez permanente (PMP) a partir de los 55 cm de profundidad para ambos umbrales. El agotamiento del agua en profundidad fue aún más extremo con el umbral del 50%.

Mientras que en un ciclo más lluvioso (2009-2010), el contenido de agua en el suelo se mantuvo siempre dentro de los límites de los umbrales prefijados incluso en profundidad (muestreo de enero de 2010).

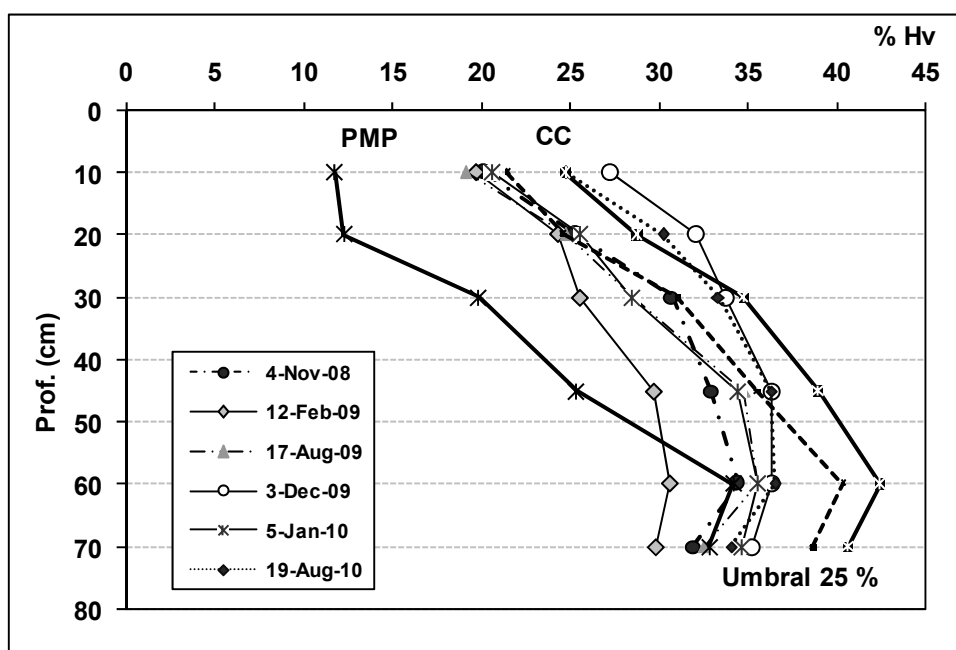


Figura 2. Perfil de humedecimiento del suelo para el umbral de agotamiento del 25% del AD en el tratamiento de riego desde brotación hasta diciembre en el ciclo 2008-09 y 2009-10. Valores medios de tres tubos de sonda de neutrones para cada profundidad. Abreviaturas: %Hv, contenido volumétrico de agua en el suelo.

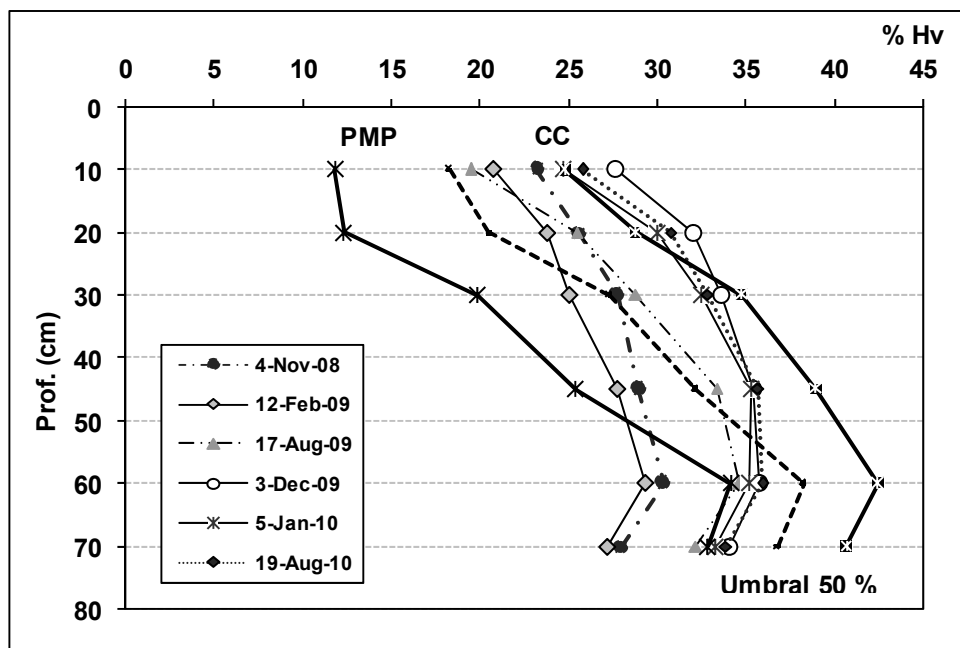


Figura 3. Perfil de humedecimiento del suelo para el umbral de agotamiento del 50% del AD en el tratamiento de riego desde brotación hasta diciembre en el ciclo 2008-09 y 2009-10. Valores medios de tres tubos de sonda de neutrones. Abreviaturas: % Hv, contenido volumétrico de agua en el suelo.

*Riego desde brotación hasta marzo.* En el ciclo 2009-10, la disponibilidad de agua del tratamiento fue diferente de acuerdo a los umbrales de riego definidos y en las distintas profundidades del perfil. Como es de prever, las fluctuaciones del contenido de agua fueron mayores en la superficie que en profundidad. Para el umbral del 25% a los 10 cm de profundidad el desvío de los valores respecto a la media (%Hv= 24.7) fue de 2.25; mientras que a profundidades mayores a 45 cm el contenido fue relativamente estable. A los 70 cm de profundidad el desvío de los valores respecto a la media (%Hv= 33.4) fue de 0.48. El contenido de agua a 30 cm como criterio de agotamiento hasta el 25% del AD se mantuvo siempre dentro de lo previsto (Figura 4).

Esta situación contrasta con la misma del umbral de 50% del AD, donde las fluctuaciones en los contenidos de agua se dan tanto en superficie como en profundidad. A los 10 cm de profundidad el valor medio fue de 23.6% ± 2.70 y a los 70 cm de 31.9 ± 0.70. Las fluctuaciones a profundidades superiores a los 20 cm son mayores que a las mismas profundidades cuando se aplica el criterio del 50% del AD (Figura 5).

La mayoría de las raíces finas de los cítricos se distribuyen cercanas a la superficie del suelo en una zona que tiene fluctuaciones de temperatura y de contenido de agua considerables. La respiración de las raíces se aclimata rápidamente a estos cambios en la temperatura del suelo. Sin embargo la saturación del suelo por el agua en periodos prolongados puede afectar la planta por un reducido nivel de oxígeno (Bryla *et al.* 2001). El oxígeno libre del suelo se localiza principalmente en el espacio poroso por el aire y en menor escala disuelto en la fase acuosa del suelo. El riego al llenar la totalidad del espacio poroso en determinadas áreas y por periodos variables puede reducir el suministro de oxígeno. La cantidad de oxígeno disuelta en la propia agua es rápidamente

agotada por las raíces en el caso de que el agua libre no drene rápidamente y permita la entrada de aire al espacio poroso (Bryla *et al.* 2001).

La distribución espacial del sistema radicular, en cuanto a su densidad y al volumen efectivo explorado son dos factores que deben tenerse en cuenta para relacionar el comportamiento productivo. No solo por la alternancia de períodos de humedecimiento y desecamiento que modificarán la relación crecimiento-muerte de raíces pequeñas, sino también por el contenido de oxígeno del suelo y el volumen efectivo total de exploración de nutrientes (Lucash *et al.* 2007)

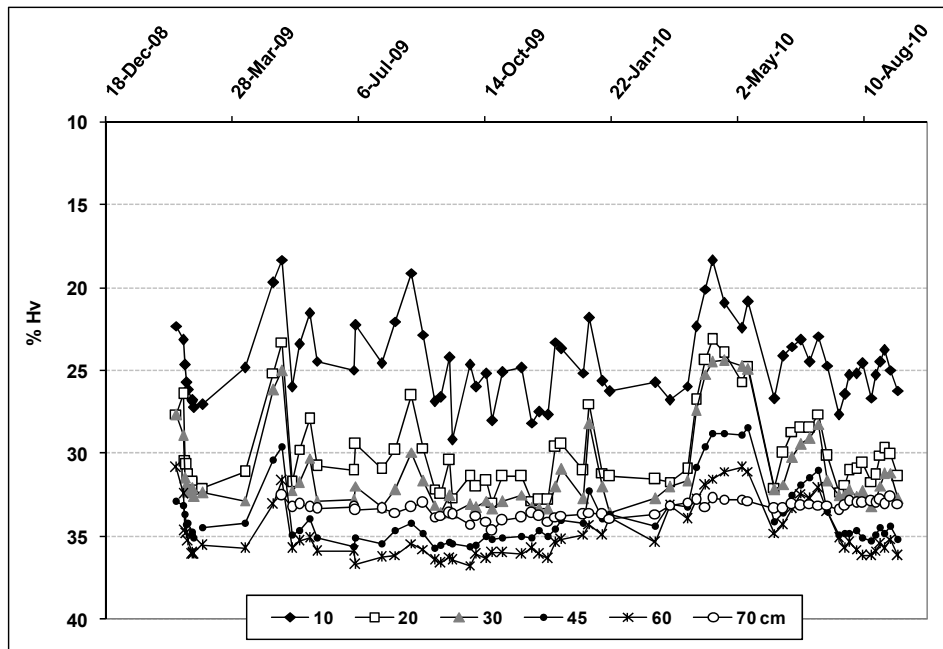


Figura 4. Variación del contenido de agua en el suelo a distintas profundidades en el tratamiento de riego desde inicio de brotación a marzo con un umbral de agotamiento del agua del 25% del AD en el ciclo productivo 2009-10. Abreviaturas: % Hv, contenido volumétrico de agua en el suelo.

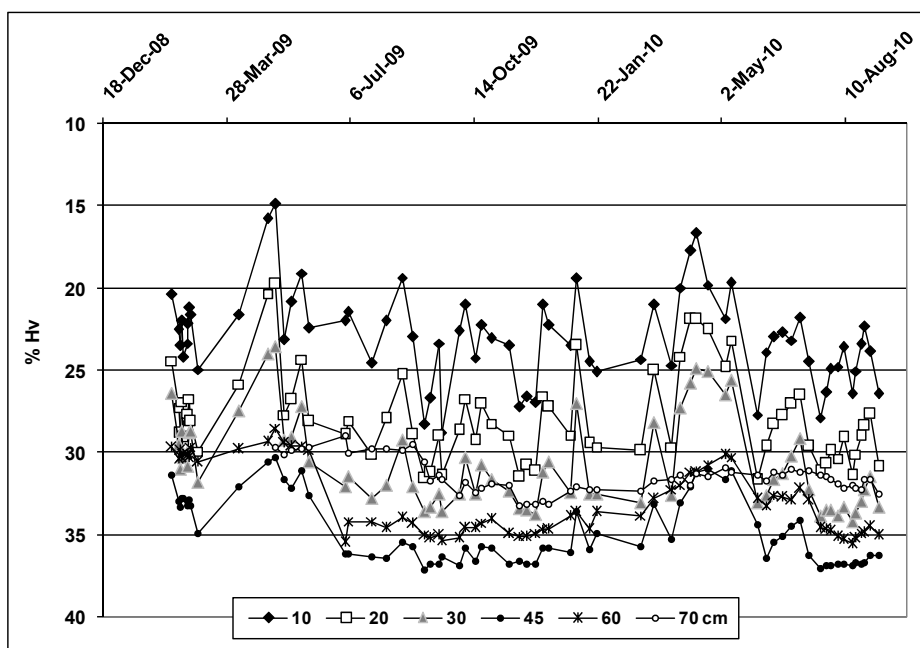


Figura 5. Variación del contenido de agua en el suelo a distintas profundidades en el tratamiento de riego desde inicio de brotación a marzo con un umbral de agotamiento del agua del 50% del AD en el ciclo productivo 2009-10. Abreviaturas: % Hv, contenido volumétrico de agua en el suelo.

*Comparación de algunos parámetros fisiológicos bajo los dos umbrales de agotamiento del suelo.* En las mismas plantas donde se localizan los tubos de acceso de la sonda se midió el potencial xilemático del tallo ( $\Psi_{\text{tallo}}$ ). El  $\Psi_{\text{tallo}}$  es más estable que el potencial de hoja ( $\Psi_{\text{hoja}}$ ) (Jones, H. 2007). Se observó que a medida que disminuye el contenido de agua en el suelo (Hv%) el  $\Psi_{\text{tallo}}$  también disminuye, con coeficientes de determinación ( $r^2$ ) crecientes cuando se relaciona el Hv% a distintas profundidades (Cuadro 1 y Figura 6).

Cuadro 1. Efecto de los umbrales y los momentos de aplicación del riego en el potencial xilemático de las plantas.

Lámina	Momento	$\Psi$ tallo bar
25 % deplección del AD		-17.2 b
50 % deplección del AD		-20.4 a
	I. Brot- Dic	-21.4 a
	I. Brot-Mar	-18.2 b
	Rg-todo el año	-16.6 c

Letras diferentes para un mismo parámetro indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Medias separadas por el TRM de Duncan. 1 bar = 0.1 MPa



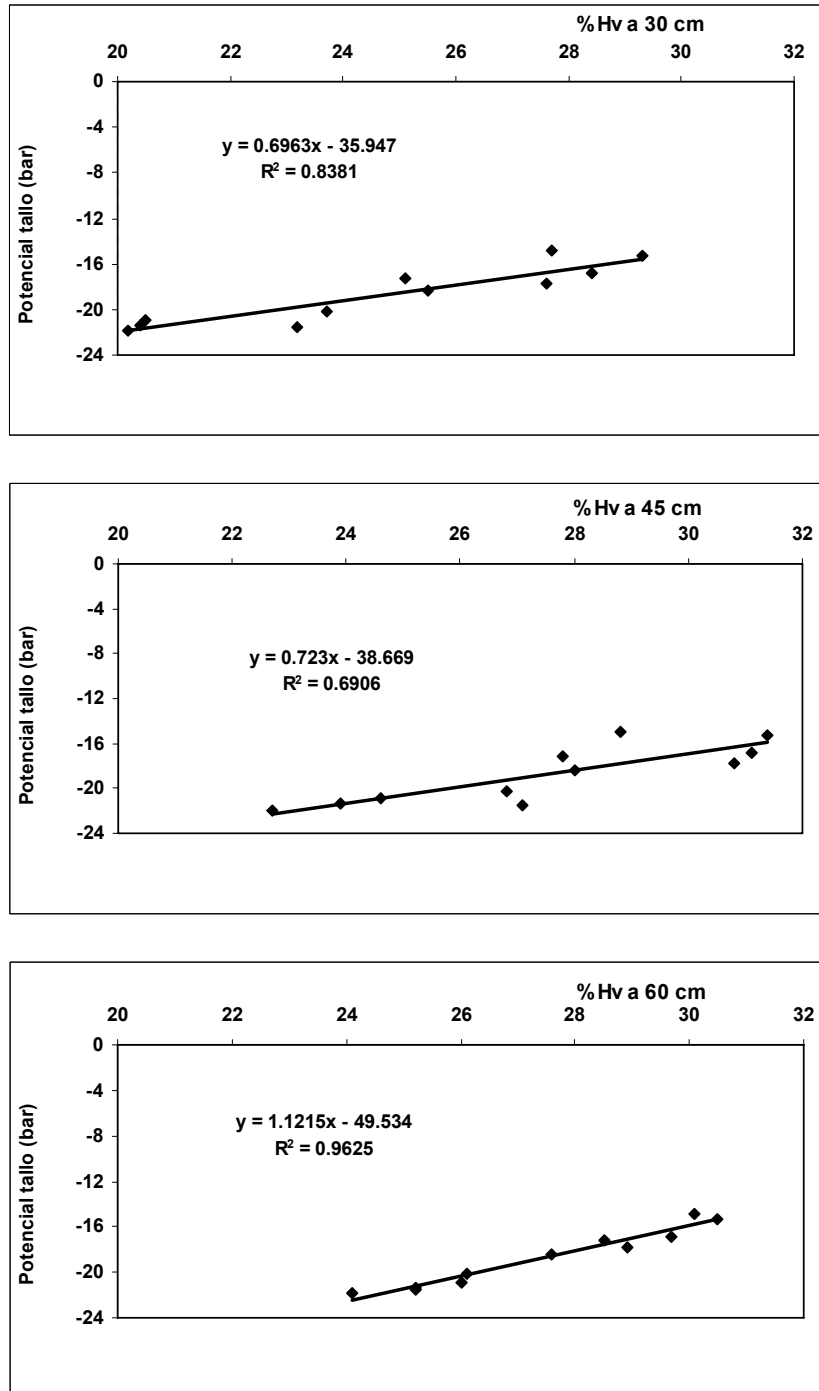


Figura 6. Relación entre el potencial de tallo y el contenido de agua en el suelo a distintas profundidades.

La  $g_s$  tiene una relación positiva y significativa con el Hv% durante los cortos periodos de demanda hídrica del ciclo productivo 2009-10. La  $g_s$  fue significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en el umbral de 50% del AD que en el umbral de 25% del AD (Cuadro 2).

Cuadro 2. Relación entre el contenido de agua del suelo (% Hv) a los 30 cm de profundidad y la conductividad estomática ( $g_s$ ).

Lámina	Momento	% Hv	$g_s$ mmol.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup>
Umbral 25 % del AD		32.0	99.4 b
Umbral 50 % del AD		31.4 ns	126.5 a
	Rg-I. brot . a DIC	30.7	163 a
	Rg-I. Brot. a MAR	30.6	102 b
	Rg-todo el año	33.5 ns	79 c

Letras diferentes para un mismo parámetro indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre tratamientos. Medias separadas por el TRM de Duncan.

Los resultados hasta la fecha nos indican que en la mandarina Owari tenemos una oportunidad de hacer un uso más eficiente del agua disponible, variando el umbral de agotamiento del AD del suelo. Modificaciones en los umbrales de riego implican cambios en la frecuencia de los mismos. Además de una mayor probabilidad de utilizar las precipitaciones sin comprometer la producción y la calidad. Queda aún por definirse para el suelo si este umbral prefijado podría llegar a variarse incluso en las diferentes etapas fenológicas (riego suplementario deficitario).

### Conclusión

El riego suplementario fue requerido aún en años lluviosos y la eficiencia productiva de plantas mantenidas con un umbral del 50 % del AD fue superior, esta circunstancia nos abre una oportunidad de hacer un ahorro y mejor uso del agua disponible y de la energía, favoreciendo la exploración en profundidad del sistema radicular.

### Bibliografía

**Barry, G.H., W.S. Castel y F.S. Davies.** 2004. Rootstocks and plant water relations affect sugar accumulation of citrus fruit via osmotic adjustment. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129(6):881-889.

**Bryla, D.R., Bouma, T.J. Hartmond, U. y D.M. Eissenstat.** 2001. Influence of temperature and soil drying in respiration of individual roots in citrus: integrating greenhouse observation into a predictive model for the field. Plant, Cell and Environment 24: 781-790.

**Goñi, C. y A. Otero.** 2009. Momentos de riego en satsuma Owari, Spring Navel y Ellendale. INIA. SAD N° 556: 29-54.

**Greacen, E.L.** 1981. Soil water assessment by the neutron method. Editor Csiro, Australia. 1-37.

**Jones, H.** 2007. Monitoring plant and soil water status: established and novel methods revisited and their relevance to studies of drought tolerance. *J. Exp. Botany*. 58(2) 119:130.

**Kriedmann, P.E. y H.D. Barrs.** 1981. Citrus Orchards. En: Water deficits and plant growth. Editor T.T Kozlowski. Academic Press. 5:325-417.

**Lucash, M.S., Eissenstat, D.M., Devereux Joslin, J., Mc Farlane, K.J. y R.D. Yamai.** 2007. Estimating nutrient uptake by mature tree roots under field conditions: challenges and opportunities. *Cell* (21) 593-603.

**Peng, Y.H. y E. Rabe.** 1998. Effect of different irrigation regimes on fruit quality, yield, fruit size and net CO<sub>2</sub> assimilation of Mihowase satsuma. *J. Hort. Sci. Biothenol.* 73: 229-234.

**SAS Institute Inc.** 1990. SAS users guide; SAS/STAT, version 6. SAS Inst. Inc. Cary, NC.

**Scholander, P.F., H.T. Hammel, E.D. Bradstreet, y E.A. Hemmingsen.** 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339-346.

## Alternativas de Raleo Químico de Frutos en Mandarinas Alternantes

Alvaro Otero

Área de Fisiología y Manejo, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; [aotero@inia.org.uy](mailto:aotero@inia.org.uy)

### Introducción

En la producción citrícola de Uruguay, las mandarinas y sus híbridos son desde hace unos años el principal componente de su crecimiento. Es de esperar que este incremento se continúe en el tiempo (Gabinete Productivo, 2010). Si bien los cultivares con ninguna o muy pocas semillas son los preferidos por el mercado consumidor, aún existe espacio para aquellas variedades, que aunque tengan un número mayor de semillas, presentan características organolépticas que las hace atractivas en algunos mercados. Este es el caso de las mandarinas Avana y Montenegrina.

Estos dos cultivares, muy bien adaptados a las condiciones de Uruguay, no suelen tener limitantes en el cuajado de fruta pero tienden a presentar una alternancia muy marcada. La alternancia se caracteriza por episodios de altas intensidades de floración seguidas de la producción de un alto número de frutos, los cuales además de limitar el crecimiento individual de los mismos, limitan la intensidad de la floración del siguiente año.

En este sentido, la regulación del número de frutos en estas variedades no solo pasa por el aumento de los kilos exportables por planta, con diámetro de fruto mayor a 55 mm, sino también por el retorno de la floración en la primavera siguiente, disminuyendo así la alternancia productiva de la planta.

La remoción de frutos en exceso (raleo manual) es una práctica habitual en algunas variedades tales como Satsuma Okitsu y Owari o mandarina Murcott; en donde la regulación de la carga se realiza en forma manual, ajustando el número de frutos en crecimiento al potencial del árbol para nutrirlos. Esta práctica de manejo es eficiente pero costosa (Otero, 2007).

Una alternativa a este método, muy usada en otros países, es el raleo químico con reguladores del crecimiento, los cuales inhiben el crecimiento del fruto en sus estados iniciales. En Uruguay se viene trabajando desde hace años con varios de estos compuestos, incluso antes de que estuvieran registrados para este fin, con buenos resultados experimentales y comerciales (Otero, 2004).

Estos compuestos, generalmente de síntesis, son reguladores del crecimiento del tipo auxínico por su acción sobre la planta. Uno de ellos y quizás el más conocido por tener un efecto leve en la remoción de los frutos, es el Acido Naftalén Acético en su formulación como sal. Otros, como el Ethrel o el Figaron, han sido descartados por algunas dificultades en el uso. Otro producto como el Triclopir (Maxim), si bien ha sido desarrollado para el aumento individual del tamaño del fruto, en concentraciones apropiadas y en etapas tempranas del desarrollo del fruto actúa en la estimulación de la abscisión de los frutos cítricos.

La mayoría de estos productos tienen un buen efecto en cultivares con pocas o ninguna semilla, como ser las satsumas y la naranja valencia late. En cultivares como Avana y Montenegrina los resultados iniciales fueron variables. Por esta razón se están probando otros principios activos que puedan tener un efecto satisfactorio como raleador de los

frutos, a dosis competitivas en costos con el raleo manual, y que puedan ser fácilmente incorporado al sistema de registro de agroquímicos y a la citricultura nacional.

### **Materiales y Métodos**

*Selección del cuadro y condiciones de crecimiento.* Varios experimentos se llevaron a cabo en mandarina Avana y en Montenegrina. Los ensayos se realizaron en condiciones comerciales en dos quintas del departamento de Salto.

Los cuadros en producción fueron seleccionados por su productividad, uniformidad de las plantas, sanidad y una cuidadosa poda de las mismas. Los cuadros de producción están bajo riego, con una doble línea de goteros en Avana y una línea simple en Montenegrina.

*Evaluación de la floración.* Cada año las plantas se seleccionaron por la intensidad de floración, clasificando la floración de acuerdo a Otero (2003), y/o contando y clasificando el número de flores en base a 100 nudos (Agustí *et al*, 1992), evaluando aproximadamente entre 600 y 800 nudos por planta en la periferia de la copa.

*Evaluación del sistema radicular.* Se evaluó la cantidad de raíces (g de peso seco por volumen de suelo), en muestreos del sistema radicular de 0-20 cm y de 20 a 40 cm. Para esto se realizó un muestreo combinado para cada profundidad, siendo la muestra de cada árbol la suma de tres muestras de suelo en el contorno del área de sombreado por la copa. Para realizar la extracción de las raíces se usó un muestreador cilíndrico de raíces de 7 cm de diámetro y de 10 cm de profundidad. El muestreo del sistema radicular se llevó a cabo en 3 grupos de plantas: a) plantas a las cuales se le removieron todos los frutos en el mes de diciembre; b) plantas a las cuales se les removió del 50-40% de los frutos en la misma fecha; y c) plantas que permanecieron con toda la carga.

*Evaluación de la cosecha.* En el momento de la cosecha comercial, se recolectaron todos los frutos del árbol, se contaron y pesaron. A tal fin se pasaron todos los frutos de cada planta individual, por una clasificadora de tamaño de frutos, contando y pesado los frutos en cada categoría. Los datos se expresaron en valores absolutos, kilos y números por planta y en porcentaje de los mismos en cada categoría de tamaño de los frutos.

*Tratamientos Químicos.* A modo de resumen, los principios activos utilizados fueron: a) Sal sódica del **ácido naftalen acético** (ANA 900); b) **Triclopir** (Maxim) en su formulación como ácido; c) **Fluroxipir** (Starane, Dow) formulado como ester; y d) **Triclopir** (Trident, Lanafil) formulado como ester butoxietílico. Los dos últimos productos no están registrados en Uruguay para su aplicación como raleadores en cítricos. Las dosis variaron desde 250 a 500 ppm con naftalen acético, pasando por 20 a 35 ppm de Maxim, hasta 20 y 35 ppm de Starane o 10 a 35 ppm de Trident.

Los dos momentos de aplicación seleccionados fueron de 20 y 35 días de plena flor, con frutos entre 5-8 mm de diámetro. El gasto de agua varió entre 4 a 5 litros por planta, aplicándose las soluciones individualmente con una pulverizadora de motor de 100 litros de capacidad. El agua utilizada tenía un pH de 6,5 y no se usó ningún tipo de adherente ni corrector de pH.

El control, a excepción de un año, fue siempre el raleo manual realizado por el productor, a los efectos de comparar esta práctica de manejo con la eficacia de los

principios activos evaluados y porque, según nuestra experiencia, cuando se deja el 100% de la fruta en el árbol en estas variedades, aunque sea en árboles bien podados, la planta se deteriora demasiado en su estructura y en su follaje. Así, se ha constatado que si los árboles mantienen toda la fruta cuajada, llegan a quebrarse comprometiéndose la vida productiva de la planta y perdiéndose unidades muestrales.

*Medición de parámetros fisiológicos.* La tasa de asimilación neta de CO<sub>2</sub> (A), la conductancia estomática (g<sub>s</sub>) y la tasa de transpiración (E) de hojas individuales fueron medidas con un sistema portátil de fotosíntesis (CIRAS-1, PP Systems, USA). Todas las medidas fueron realizadas a pCO<sub>2</sub> (C<sub>a</sub>) ambiente entre las 9:00 am y las 11:00 am. Las medidas de intercambio gaseoso fueron hechas en al menos 3 hojas por árbol, en hojas maduras de la brotación de otoño de todos los árboles del experimento. La temperatura de la hoja (T<sub>h</sub>) dentro de la cubeta fue de 1 a 3.5 °C sobre la temperatura del aire. La presión parcial interna del CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) en las hojas fue usada para calcular la relación C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub> y la eficiencia de uso del agua (EUA) fue calculada como A/E. (Syvertsen, *et al.* 2003).

*Análisis estadístico.* Se implementó un diseño de parcelas al azar con 9 a 12 repeticiones por tratamiento y no fue necesario separar las plantas por la intensidad de floración ya que las plantas eran elegidas por su uniformidad en el comportamiento de este parámetro. Se analizaron los datos siguiendo los procedimientos comunes del Proc Glim del SAS.

## Resultados y Discusión

*Efecto del fruto en algunos parámetros productivos y fisiológicos.* En Avana, la presencia de frutos en el árbol afectó la cantidad de raíces en los árboles en los muestreos realizados previo a la cosecha (Cuadro 1). Las plantas sin frutos tenían significativamente mayor cantidad de raíces por unidad de volumen (densidad) desde la superficie hasta los 40 cm de profundidad. Independientemente de la cantidad de frutos que tenía la planta, siempre fue mayor el peso de raíces en el horizontes de 0 a 20 cm que en el de 20 a 40 cm.

Cuadro 1. Efecto de los frutos en la densidad e raíces de Avana, previo a la cosecha (mes de agosto).

Tratamiento	Densidad de Raíces (g MS/ l Suelo)			Rendimiento por planta		
	0-20 cm	20-40 cm	0-40 cm	Kg	Nº Frutos	
Carga Alta	1.69	b	1.28	b	90.6 a	1221.2 a
Carga Media	2.20	ab	1.30	b	68.2 b	1038.1 b
Sin Carga	2.80	a	1.69	a	0.0	0.0

Medias en las columnas seguidas de diferencial letra son sig. distintas TRM Duncan P<5%

Por otro lado, la tasa de asimilación neta de CO<sub>2</sub> (A) también es afectada por el número de frutos en el árbol, como se muestra en Montenegrina. Las plantas sin frutos

tenían una A significativamente menor que las plantas con frutos (Cuadro 2). La presencia de frutos en el árbol incrementa la actividad fotosintética de las hojas, no solo en esta etapa del cultivo sino también en etapas anteriores del crecimiento del fruto (Syvertsen *et al.* 2002; Rivas *et al.* 2007).

Cuadro 2. Efecto de los frutos en los parámetros de intercambio gaseoso de hojas de Montenegrina, previo a la cosecha (mes de agosto). Abreviaturas: E, tasa de transpiración;  $T_h$ , temperatura de la hoja;  $G_s$ , conductancia estomática; A, tasa de asimilación neta de  $CO_2$ ;  $C_i$ , presión parcial interna del  $CO_2$ ;  $C_a$ , presión de  $CO_2$  ambiente; EUA, eficiencia de uso del agua; DPV, déficit de presión de vapor.

Tratamiento	Luz $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$	E $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$	$T_h$ oC	$G_s$ $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}$	A $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}$	$C_i/C_a$	EUA A/E	DPV Mpa						
Sin Raleo	1393	0.66	ab	21.8	32.3	a	3.7	b	0.38	a	5.7	2.1		
Raleo 33%	1250	0.71	a	22.9	32.2	a	4.0	ab	0.34	a	5.7	2.3		
Raleo 50%	1585	0.76	a	23.2	33.3	a	5.0	a	0.21	b	6.5	2.3		
Sin frutos	1163	ns	0.49	b	22.3	ns	22.8	b	2.6	c	0.37	a	5.5	2.2

Medias con letras diferentes son significativamente distintas al test de Rangos Múltiples Duncan ( $P < 0.05$ ).

*Efecto de los raleadores químicos.* En los primeros ensayos en Montenegrina y Avana, se probaron los principios activos clásicos usados en el raleo de frutos. De ellos, el único que se destacó fue el Maxim (Cuadro 3), evidenciado por la cantidad de kilos y por el porcentaje de fruta mayor a 55 mm. El efecto del ANA para esta variedad fue inconsistente. Es de destacar que los ensayos se realizaron en plantas con alta intensidad de floración y que mantuvieron en el árbol una gran cantidad de frutos (testigos de más de 2500 frutos por planta).

Cuadro 3. Efecto de algunos principios activos en la remoción de frutos en Montenegrina. DPF= Días desde Plena Flor.

Tratamientos	Nº Total	Kilos por planta	Peso promedio de fruto (g)	Kg de fruta > 55 mm	% de fruta > 55 mm					
Sin Raleo de Frutos	2685	a	157.6	a	60.6	bcd	37.0	ab	25.8	bc
ANA 300 ppm 20 DPF	2552	a	156.7	a	62.4	bcd	52.1	ab	33.7	bc
MAXIM 30 ppm 20 DPF	2216	ab	135.2	abc	62.4	bcd	39.9	ab	31.4	bc
ANA 500 ppm 20 DPF	2197	ab	149.0	ab	68.8	ab	68.0	a	47.3	ab
ANA 400 ppm 20 DPF	2143	ab	138.7	ab	66.5	abc	52.1	ab	38.3	bc
ANA 400 ppm 35 DPF	2116	ab	121.4	bc	57.0	d	22.2	b	15.0	c
ANA 300 ppm 35 DPF	1795	bc	107.3	c	59.6	cd	22.2	b	18.0	c
MAXIM 35 ppm 35 DPF	1411	c	105.1	c	73.9	a	66.3	a	61.3	a

Medias con letras diferentes son significativamente distintas al test de Rangos Múltiples Duncan ( $P < 0.05$ ).

En la búsqueda de otros principios activos que pudieran tener efecto raleador se probó el Fluoroxipir y el Triclopir en su formulación ester. Estos productos tuvieron un efecto raleador significativo, y en las dosis tentativas iniciales, había raleado hasta el 90-100 % de la fruta, dejando este efecto para necesidades particulares, cuando se quiere

remover toda la fruta del árbol al estimular el crecimiento vegetativo en plantaciones nuevas.

Al ajustar las dosis, el comportamiento del producto mejoró su efecto, lográndose importantes mejoras (Cuadro 4). Cuando lo comparamos las aplicaciones de estos principios activos con el raleo manual realizado por el productor, se observa que se obtienen efectos similares en el número de frutos por planta, destacándose el efecto del Starane a 30 ppm y el Trident a 20 ppm aplicados a los 35 días de plena flor, aumentando los kilos de fruta cosechada por encima de 55 mm y el peso promedio de los frutos. La aplicación de Starane a 30 ppm reduce significativamente el número de frutos respecto a la dosis de Starane a 20 ppm. Esto puede explicarse por un efecto combinado de la remoción de frutos y por un estímulo hormonal del crecimiento del fruto por este tipo de principios activos. Para el ciclo productivo 2007-2008, los tratamientos más similares al raleo manual hecho por el productor fueron Starane a 20 ppm y Trident a 20 ppm (Figura 1).

Cuadro 4. Efecto de algunos principios activos en el raleo de mandarina Avana. Cosecha 2007. Aplicación a los 35 días de Plena Flor.

Tratamiento	Kilos de fruta por planta		Nº frutos		Peso Promedio de fruto (g)		% Fruta >55 mm	
Raleo Manual (Productor)	66.6	c	1039	ab	64	d	46	d
Maxim 30 ppm	84.2	ab	1100	ab	77	bc	71	bc
Trident 10 ppm	86.1	ab	1040	ab	83	ab	81	ab
Trident 20 ppm	96.9	a	1113	ab	87	a	84	a
Starane 20 ppm	91.2	ab	1236	a	75	c	66	c
Starane 30 ppm	78.8	bc	900	b	88	a	89	a

Medias en las columnas seguidas de diferente letra son significativamente distintas ( $p \leq 0.05$ ) TRM Duncan.



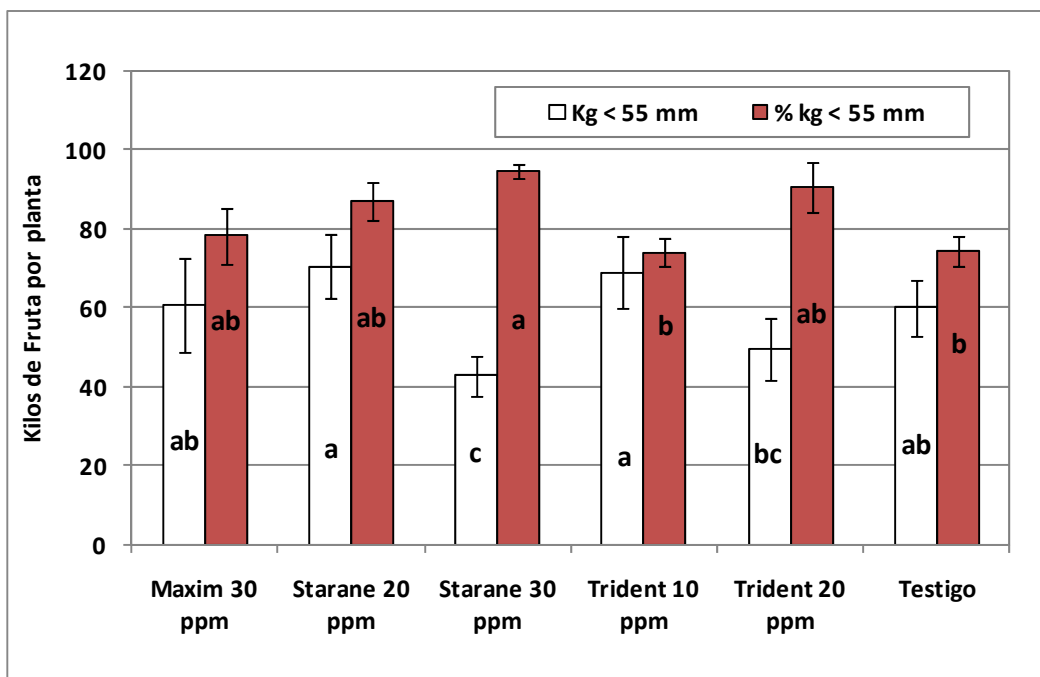


Figura 1. Efecto de algunos principios activos en la remoción de frutos de Avana. Aplicación realizada a los 35 días de plena flor. Cosecha 2008. Testigo: raleo manual realizado por el productor. Las barras corresponden al error estándar de la media. Medias entre tratamientos con letras diferentes para cada parámetro representan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Test Rangos Múltiples Duncan.

## Conclusiones

La cantidad de frutos que crecen durante el ciclo productivo tienen un efecto muy marcado en la alternancia productiva de algunas variedades como Avana y Montenegrina. La presencia de frutos en la planta afecta varios de los parámetros fisiológicos y productivos de la planta. Uno de ellos es la tasa de fotosíntesis y el sistema radicular (medido como peso seco de raíces); mientras que A se reduce cuando no hay frutos en la planta, la presencia de frutos en la misma reduce el sistema radicular. El efecto hormonal de fruto y el aumento de la competencia por nutrientes a lo largo del período de crecimiento pueden explicar el efecto observado sobre la A y el crecimiento radicular.

Los nuevos principios activos son eficaces en la remoción de los frutos, especialmente el Starane a 30 ppm, aplicado a los 35 días de plena flor. En dosis muy altas produce una gran caída de frutos; en dosis apropiadas (Starane a 20 o 30 ppm) su efecto es similar al raleo manual que realiza el productor en variedades de difícil raleo químico, pero con costos significativamente menores. Como el productor ajusta el raleo manual a la cantidad de frutos que hay en la planta, la dosis de raleadores debería también ajustarse a este factor.

La regulación de la dosis de aplicación de acuerdo a la floración presente en estas variedades y a la potencial carga de frutas es una tarea aún pendiente.

## Referencias Bibliográficas

**Agusti, M., V. Almela y J. Pons. 1992.** Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *J. Hort. Sci.* 67:203-210.

**Christian M. y Francois L. 1992.** High sugar content of extracts interferes with colorimetric determination of amino acids and free proline. *Analytical Biochemistry*, Volume 200, Issue 1, January 1992, Pág. 115-118. ISSN 0003-2697. DOI: 10.1016/0003-2697(92) 90285-F.

**Gabinete Productivo. 2010.** Medidas para la cadena citrícola. En: Medidas para el desarrollo de cadenas de valor. Uruguay. Pág. 126. ISBN: 978-9974-8191-2-2.

**Mehouachi, J., D. Serna, S. Zaragoza, M. Agusti, M. Talon y E. Primo-Millo. 1995.** Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. *Plant Sci.* 107: 189-197.

**Otero, A. 2003.** Categorías de Floración en los cítricos "Satsuma". INIA. Hojas de Divulgación N° 81. Uruguay.

**Otero, A. 2004.** Raleo de frutos en Satsuma y otros cítricos. INIA. Serie Técnica N°140. Uruguay.

**Otero, A. 2007.** Algunos Aspectos Prácticos para encarar el Raleo de Frutos. En Avances de Investigación en Manejo y Fisiología de Cítricos. INIA. Serie Actividades de Difusión N° 517. Pág. 6-15. Uruguay.

**Rivas, F., A. Gravina, A. y M. Agusti. 2007.** Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two Citrus cultivars. *Tree Physiol.* 27, 527-535.

**Syvertsen, J.P., C. Goñi, y A. Otero. 2003.** Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of 'Spring' navel orange trees. *Tree Physiol.* 23, 899-906.

**van Kooten, O y J.F.H. Snel. 1990.** The use of fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosyn. Res.* 25:147-150.