

Avances Experimentales en Riego y Manejo de Cítricos

Avances en la producción de fruta cítrica sin semillas en Afourer.
Ings. Agrs. Alvaro Otero y Fernando Rivas.

Manejo de Valencia late con raleo químico de frutos.
Ings. Agrs. Carmen Goñi y Alvaro Otero.

Efectos del anegamiento en el cuajado de fruta de Satsuma.
Ings. Agrs. Carmen Goñi y Alvaro Otero.

19 Agosto de 2011

RESUMEN**Avances en la producción de fruta cítrica sin semillas en Afourer.**Alvaro Otero¹, Fernando Rivas²¹ Área de Fisiología y Manejo, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; aotero@inia.org.uy² Área de Mejoramiento Genético. Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola. INIA Salto Grande. cfrivas@inia.org.uy**Introducción**

El número de semillas en los frutos del género *Citrus* y sus híbridos varía ampliamente, incluso en los cultivares comerciales (Vardi *et al.* 2008). El tanger 'Afourer' es un cultivar de alta calidad de fruta, con muy buena adaptación a las condiciones agroecológicas de Uruguay. Es un cultivar que con frecuencia produce semillas en condiciones de polinización abierta. Se está buscando la reducción del número de frutos con semillas o la disminución de semillas en el fruto, fundamentalmente a través de tres técnicas: a) la instalación de plantaciones de 'Afourer' asiladas o a distancias importantes de variedades potencialmente dadoras de polen (Chao *et al.* 2005); b) la utilización de mallas que cubran en su totalidad la planta impidiendo la entrada de insectos o la aplicación de repelentes de abejas y similares y c) la utilización de reguladores del crecimiento o sulfato de cobre, con el propósito de acelerar el desarrollo del óvulo, impidiendo la fecundación o por la inhibición directa de la germinación del grano de polen (Mesejo *et al.* 2006, 2008). Es el propósito de este trabajo mostrar algunas evidencias de: a) la distribución de frutos con semillas en 'Afourer'; b) el efecto de las mallas en la producción de semillas y en el rendimiento; c) aplicaciones químicas que permitan reducir la cantidad de frutos con semilla en árboles de 'Afourer'. Al mismo tiempo evaluar la performance de técnicas de manejo como el anillado y la aplicación en floración de ácido giberélico a los efectos de evitar la caída de frutitos registrada en las plantas de 'Afourer' bajo mallas.

Materiales y Métodos

Experimento 1. *Distribución espacial del número de frutos con semilla. (2009).*

Se seleccionó un cuadro del tanger 'Afourer' de 4.4 has en el predio 'El Espinillar' de la empresa Coraler S.A. sobre la ribera del río Arapey en las inmediaciones de Constitución, Salto. Las plantas tienen 7 años desde su plantación y se encuentran en condiciones de secano. En los días previos a la cosecha (2009) se muestreó el cuadro de 'Afourer' sistemáticamente en forma de grilla en las 36 filas del cuadro. Se tomaron al azar 100 frutos por planta y se computó el número de semillas por fruto muestreado.

Experimento 2. *Efecto de la polinización entomófila en la producción de semillas (2009-2010).*

En el mismo cuadro de producción seleccionado para el experimento 1, se seleccionaron 18 plantas semejantes en estado sanitario y vigor. Se separaron en tres grupos. En cada grupo de plantas se instalaron los tres tratamientos. Para uno de los

tratamientos se cubrieron las plantas en su totalidad con una malla de tela de *voile*, impidiendo la entrada de insectos, especialmente de abejas y abejorros. Las mallas fueron puestas en el comienzo de la brotación (yemas 2-3 mm) y se retiraron a los 10 días del 100% de pétalo caído. Un segundo tratamiento consistió en las mismas mallas pero además se le incorporó en la cumbre de la misma una faja de polietileno de 1 m de ancho, a los efectos de evaluar el incremento de temperatura del aire (T_a) bajo la malla. El tercer tratamiento consistió en el testigo, con las plantas a la intemperie sin ningún tipo de cubierta. En cada grupo de plantas se instaló entre ellas a la altura de la copa un termógrafo (HOBO, serie Pro), registrando la T_a cada 10 minutos. En la madurez comercial de la fruta, se cosechó el 100% de la fruta en cada árbol y se evaluó en cada uno de los frutos el número de semillas presentes.

Experimento 3. *Medidas mitigantes del número de semillas en los frutos.*

En el mismo cuadro seleccionado para el experimento 1 y 2, se seleccionaron 54 plantas. Se agruparon de a tres plantas en las cuales se sortearon al azar los seis tratamientos diseñados, con 9 plantas por tratamiento. Los tratamientos fueron: a) aplicaciones periódicas y consecutivas de sulfato de cobre (CuSO_4) a 25 ppm, cuando el 50% de las flores estaban en el estado 61 (Flor Abierta, Agustí *et al.* 1997), se realizaron 6 aplicaciones a intervalos de 3-4 días; b) aplicaciones de CuSO_4 a 50 ppm, en las mismas condiciones; c) una sola aplicación de ácido giberélico (AG_3) a 25 ppm cuando más del 50% de las flores estaban en el estado 59 (Bujía); d) una sola aplicación de AG_3 a 50 ppm cuando más del 50% de las flores estaban en el estado 59 (Bujía); e) una aplicación de AG_3 a 50 ppm en el estado 59 y 6 aplicaciones periódicas de CuSO_4 25 ppm a partir de la apertura floral, cada 3-4 días y f) testigo sin aplicación de productos químicos. Se ajustó el pH del agua de las aplicaciones a $\text{pH}=5.5$, con un gasto de agua de 3 a 4 litros por planta en cada una de las aplicaciones. En el momento de la madurez comercial se cosechó el total de las frutas de los árboles, computando el número de frutos por árbol y se evaluó, en todos los frutos cosechados, la cantidad de semillas que contenían.

Experimento 4. *Medidas mitigantes de la reducción del número de frutos en plantas bajo mallas.*

En el mismo cuadro seleccionado en los experimentos 1,2 y 3, durante la primavera 2010, se seleccionaron 20 plantas de similar desarrollo vegetativo y producción anterior. Se realizaron grupos de 5 plantas cada uno, y se identificaron al azar para los cuatro tratamientos bajo estudio. Los tratamientos que se realizaron fueron: 1) Plantas cubiertas con mallas de *voile* desde el inicio de la floración (estado 55, BBCH, Agustí *et al.* 1997); 2) Plantas cubiertas con mallas y aplicación de AG_3 a 40 ppm en plena flor; 3) Plantas cubiertas con mallas de *voile* y realización de anillado (1 sola vez) a los 35 de caída de pétalos y 4) Plantas sin cubierta de mallas y sin aplicación de AG_3 o anillado. En el momento de la madurez comercial se cosechó el total de las frutas de los árboles, computando el número de frutos por árbol y se evaluó en todos, los frutos cosechados, la cantidad de semillas que contenían.

Resultados y Discusión

Distribución espacial del número de frutos con semilla. La distribución espacial de los árboles teniendo en cuenta el porcentaje de frutos con al menos una semilla

presentaron una distribución agregada en las 4.4 ha evaluadas. Las plantas con mayor porcentaje de frutos con semillas estaban geográficamente más cercanas al cuadro de mandarina Murcott, y disminuyó el porcentaje de frutos con semillas a medida que se alejaban en distancia de ese cuadro de producción (Figura 1).

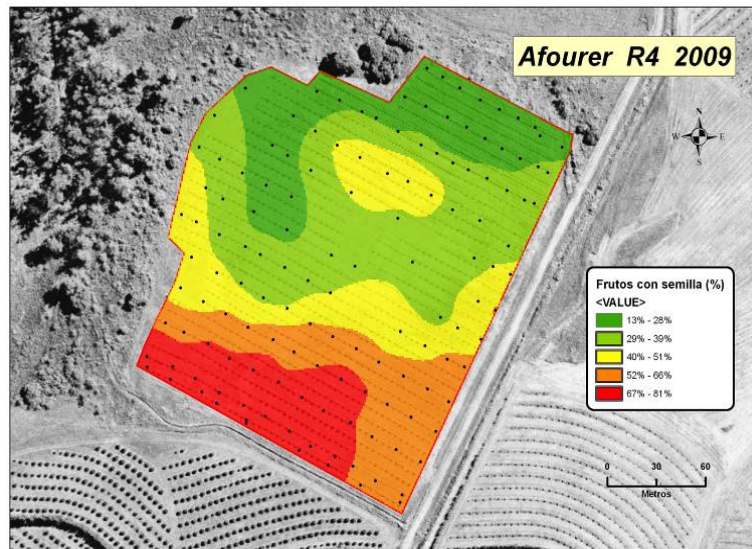


Figura 1. Distribución espacial de las plantas muestreadas (puntos negros) y distribución del porcentaje de frutos con semillas.

Efecto de la polinización entomófila en la producción de semilla. El cubrimiento de las plantas con las mallas redujo significativamente el número de frutos con semillas en las plantas bajo las mallas respecto a las plantas de polinización abierta a la intemperie (Figura 2). Las mallas aumentaron la temperatura del aire bajo las mismas. La caída de estructuras reproductivas fue significativamente mayor en las plantas bajo las mallas, al mismo tiempo fue menor la retención de frutitos en los árboles bajo malla. Como consecuencia de esto el número de frutos cosechados por árbol fue significativamente inferior en las plantas bajo las mallas (Figura 3).

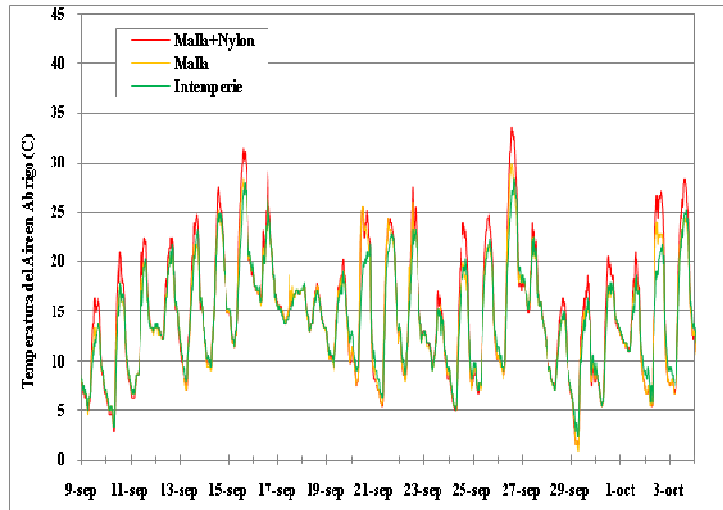


Figura 2. Evolución de la temperatura del aire bajo los tratamientos.

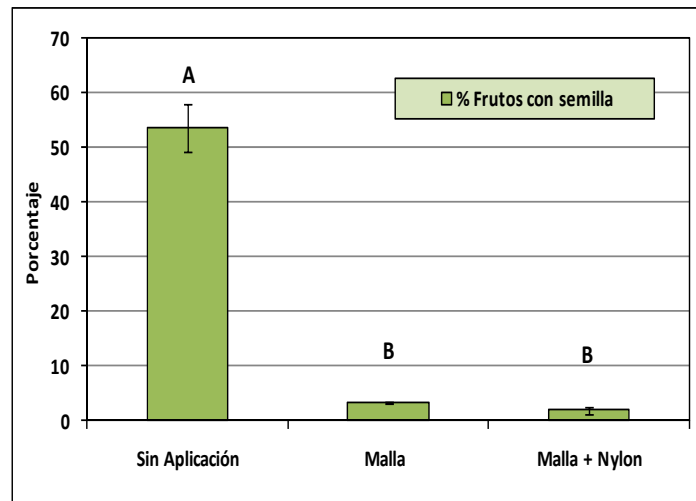


Figura 3. Efecto de la malla en el porcentaje de frutos con semillas. Barras con error estándar y con diferente letra presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), TRM Duncan.

Medidas mitigantes del número de semillas en los frutos. La aplicación de AG_3 (25 y 50 ppm) y de $CuSO_4$ (50 ppm), individualmente o combinados redujeron significativamente el porcentaje de frutos con semilla en los árboles evaluados. Las aplicaciones consecutivas de $CuSO_4$ a 25 ppm no difirieron significativamente del testigo sin tratar (Figura 4). Se puede evidenciar un efecto directo de la dosis de AG_3 ; dosis de 50 ppm redujeron el número de frutos con semilla respecto a las dosis de 25 ppm. Se pudo evidenciar una interacción positiva en la reducción del número de frutos con semillas cuando se combinaba la aplicación de AG_3 con las aplicaciones de $CuSO_4$. El promedio de semillas por fruto varió desde 2,8 a 3,9 en todos los tratamientos.

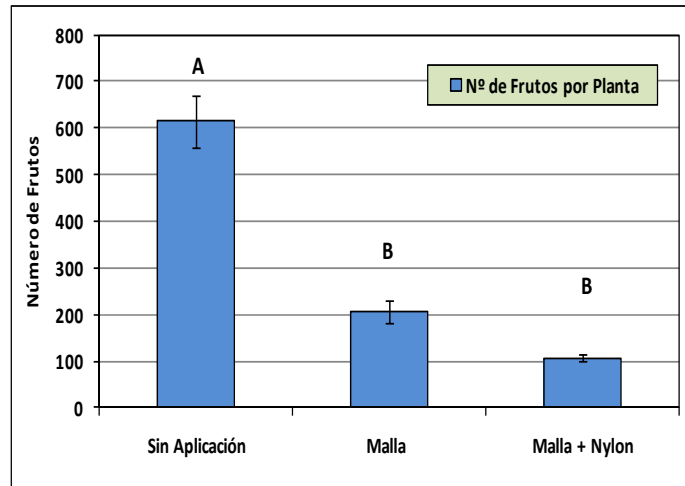


Figura 4. Efecto de la malla en el número de frutos por planta. Barras con error estándar diferente letra presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), TRM Duncan.

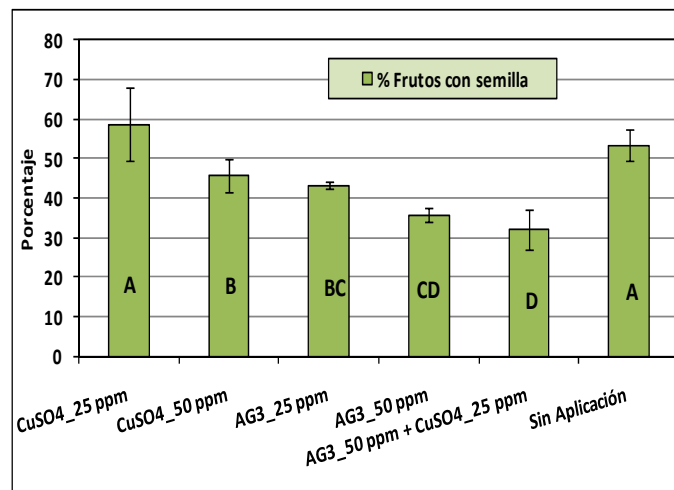


Figura 5. Efecto de las aplicaciones de CuSO_4 y AG_3 en el porcentaje de frutos con semilla por árbol. Barras con error estándar y diferente letra presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), TRM Duncan.

Medidas mitigantes de la reducción del número de frutos en plantas bajo mallas.

Los árboles bajo mallas tuvieron menor cantidad de frutos que los árboles en la intemperie (fig. 6). El aumento de la T_a y la disminución de la humedad relativa (hasta 15-20%) podrían ser la causa de la caída de estructuras reproductivas. Por otro lado, cuando bajo las mallas se realiza la aplicación de AG_3 (40 ppm) foliar en plena flor antes, el efecto de la caída de frutos es disminuida drásticamente, igualándose el número de frutos con los obtenidos en las plantas a la intemperie (fig. 7). Si bien el número de frutos en las plantas anilladas fue significativamente mayor que las no anilladas, significativamente fue menor que el número de frutos a la intemperie (fig. 7). Se pudo evidenciar también la reducción del tamaño promedio del fruto por el efecto

de las mallas, y una relación importante entre el número de semillas y el peso del fruto ($r^2=0,89$), para las plantas en la intemperie (n=528 frutos) (datos no mostrados).

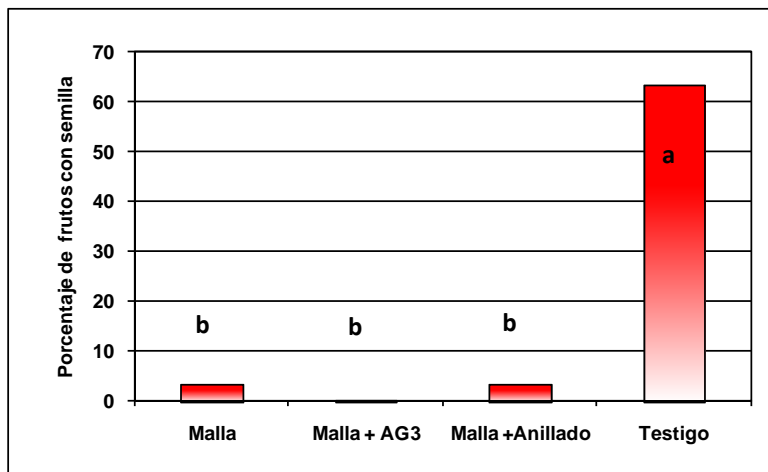


Figura 6. Efecto de las mallas en el porcentaje de frutos con semillas en Afourer. 2010-2011. Medias de los tratamientos con similar letra no son significativamente distintas por el TRM Duncan ($p<0,01$).

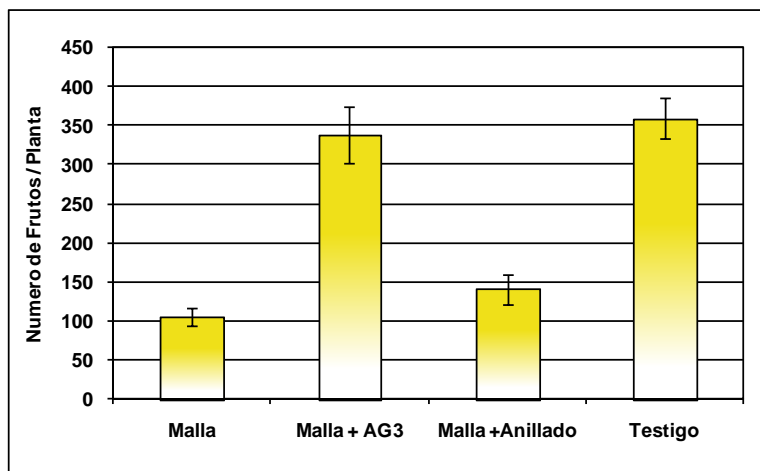


Figura 7. Efecto del anillado y la aplicación de AG₃ en el número de frutos por árbol bajo malla e intemperie para Afourer. 2010-2011. Barras representan el error estándar de la media de los árboles (n=5).

Conclusiones.

La instalación de cuadros de producción cercanos a otros cuadros con cultivares potencialmente dadores de polen, incrementa la producción de semillas en los árboles y esta disminuyen a medida que nos alejamos de la fuente de polen. La auto

compatibilidad en 'Afourer' no parecería ser un componente importante en la presencia de semillas en los frutos. Por otro lado, la presencia de mallas recubriendo las plantas reduce la cantidad de frutos con semilla pero también reduce el número de frutos, y en consecuencia el rendimiento. Una única aplicación de AG₃ reduce significativamente el número de frutos con semilla y si se le adiciona CuSO₄ (varias aplicaciones) la reducción es aún mayor. El efecto adverso de las mallas en la caída de estructuras fructíferas puede ser evitado por aplicaciones foliares en plena flor de AG₃.

Bibliografía.

Agustí, M., S. Zaragoza, L. Bleiholder, H. Buhr, H. Hack, R. Klose, R. Staub. 1997. Adaptation de l'échelle BBCH a` la description des stades phénologiques des agrumes de genre Citrus, Fruits 52: 287–295.

Chao, C.; J. Fang; y P. S. Devanand. 2005. Long distance pollen flow in mandarin orchards determined by AFLP markers –Implications for seedless mandarin production. J. Am. Soc. Hort. Sci. 130(3):374-380.

Mesejo, C., A. Martínez-Fuentes, C. Reig, F. Rivas, M. Agustí. 2006. The inhibitory effect of CuSO₄ on Citrus pollen germination and pollen tube growth and its application for the production of seedless fruit. Plant Sci. 170:37–43.

Mesejo, C., A. Martínez-Fuentes, C. Reig, M. Agustí. 2008. Gibberellic acid impairs fertilization in Clementine mandarin under cross-pollination conditions. Plant Science 175: 267–271.

Vardi, A.; I. Levin y N. Carmi. 2008. Induction of Seedlessness in Citrus: From Classical Techniques to Emerging. Biotechnological Approaches. J. Am. Soc. Hort. Sci. 133(1):117–126.

RESUMEN**Efecto de la anoxia radicular en la caída de frutos de mandarina Satsuma**Carmen Goñi¹ y Alvaro Otero²¹ Área de Riego y Nutrición, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; cgoni@inia.org.uy² Área de Fisiología y Manejo, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; aotero@inia.org.uy**Introducción**

La respuesta de los vegetales está condicionada a las distintas estrategias desarrolladas para sobreponerse a los distintos tipos de estreses que en forma general podemos englobar, según su génesis, en bióticos o abióticos. La variabilidad climática induce a que la planta desarrolle mecanismos de adaptación para tolerar distintos grados de estreses abióticos, variables tanto en intensidad como duración.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPPC, 2007) ha presentado evidencias que muestran alternaciones en los padrones climáticos actuales y futuros. En este sentido, hay una coincidencia mayor al 95% de las predicciones de los modelos, sobre las pautas de cambio (desvíos de lo normal) de las precipitaciones a nivel mundial. Nuestra región queda ubicada en aquellas regiones con mayor probabilidad de precipitación.

Específicamente para Uruguay, existen evidencias sobre el cambio actual del régimen climático (Giménez *et al.*, 2008), donde se aprecia la existencia de alteraciones en la distribución de las precipitaciones ocurridas para los meses de enero, febrero y marzo. Se registra un aumento real del orden de 15 a 35% en las precipitaciones a nivel del país para las tres últimas décadas estudiadas (1970-2000) en comparación al período 1930-1960 (fig.1).

El aumento de la intensidad en las precipitaciones puede provocar, dependiendo del tipo de suelo y sistema de plantación, situaciones temporales de falta de oxígeno en el suelo debido a episodios de anegamiento.

Para el caso de los cítricos, estas situaciones ambientales pueden tener consecuencias negativas importantes. Iwasaki (1975) señala el efecto depresivo que tiene la disminución del nivel de oxígeno en el suelo en los porcentajes de cuajado y desarrollo del fruto en mandarina Satsuma. Al mismo tiempo, registros de la zona citrícola del litoral noroeste del Uruguay, evidencian drásticas caídas de frutos pequeños (inmediatamente luego de caída de pétalos) como consecuencia de precipitaciones intensas en el período de octubre y noviembre (Otero *et al.*, 2002).

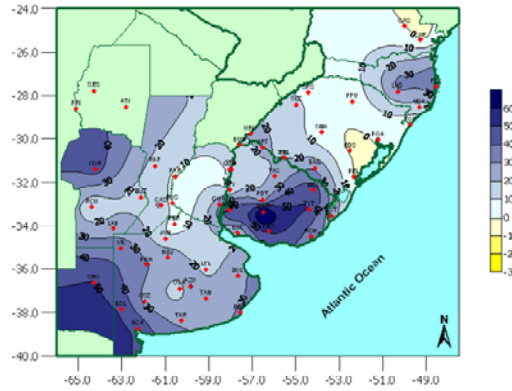


Figura 1. Cambios actuales en la distribución de la pluviométrica para los meses de enero, febrero y marzo. Diferencia en los registros de precipitaciones (mm) entre los períodos 1930 -1960 y 1970-2000, (Giménez *et al.*, 2008).

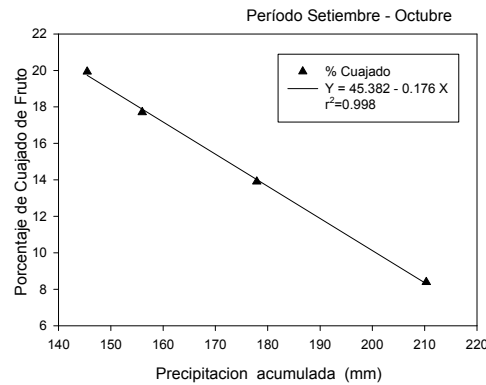


Figura 2. Relación entre la precipitación acumulada (mm) para el periodo setiembre y octubre, y el porcentaje de cuajado de frutos en la mandarina Satsuma Owari, (Otero *et al.*, 2002).

El presente trabajo pretende conocer los cambios fisiológicos ocurridos a nivel de la planta en campo debidos al estrés hídrico por anegamiento durante la floración y cuajado del fruto de la mandarina Satsuma Owari al final del invierno y comienzo de la primavera. La hipótesis de trabajo utilizada es que las condiciones de anoxia en el suelo aumentan la caída de frutitos en Satsuma Owari por encima de lo normal.

Materiales y Métodos

El experimento se instaló en el campo experimental de INIA-Salto Grande en la primavera 2010, en un monte adulto de Satsuma Owari sobre *P. trifoliata*, donde se evaluó el efecto fisiológico del anegamiento provocado por inundación parcial del suelo.

Las condiciones de anegamiento se indujeron en el suelo a través de la aplicación de una lámina permanente de agua sobre el nivel del suelo, desde el inicio de la brotación hasta el final de la floración y desarrollo inicial del frutito.

Se confinó el sistema radicular de las plantas mediante la colocación de un anillo de chapa (30 cm por encima del suelo y hasta una profundidad de 40-50 cm) permitiendo solamente la percolación de agua en profundidad pero no la lateral (figura 3). De este modo se logró mantener el nivel del agua a unos 15-20 cm por encima del suelo, en forma continua, sobre el sistema radicular de la planta, logrando condiciones de anoxia persistentes. La naturaleza del suelo con la presencia de un horizonte Bt a los 40-50 cm permitió reducir la percolación del agua en profundidad. En el tratamiento testigo las plantas fueron regadas en forma convencional. El riego se aplicó cada vez que el contenido del agua del suelo llegaba a un potencial de 30 cbar, evaluado mediante tensiómetros ubicados a dos profundidades.

Se evaluaron los siguientes parámetros dos veces por semana:

- Potencial hídrico Ψ_w en hoja y tallo.
- Evolución del intercambio de gases en hoja (P_n): A_{CO_2} ; g_s ; C_i/C_a .
- Actividad del FOTOSISTEMA II; F_o , F_v/F_m ; Quantum Yield.
- Evolución del contenido de oxígeno en el suelo (ODR) y potencial redox.
- Intensidad de la floración.
- Evolución del cuajado de los frutos.
- Contenido de prolina en las hojas y raíces.

Se utilizaron 9 plantas para cada tratamiento, en 3 parcelas de 3 plantas cada una sorteadas al azar.

Medidas del contenido de oxígeno y potencial redox en el suelo. Bajo la copa de cada planta se midió el potencial redox del suelo a los 10 cm con un electrodo combinado de platino (Horiba, Japón), la medida bajo la copa se repitió tres veces en cada árbol, el potencial redox fue expresado en mv. El contenido de oxígeno del suelo fue registrado a través de la tasa de difusión de oxígeno del suelo (ODR) utilizando 4 electrodos de platino y un electrodo de referencia, en cada medición realizada con un medidor de difusión de oxígeno (DIK-5100, Japón), con los cálculos y procedimientos de Poel (1960).

Medidas de intercambio de gases y daño del fotosistema II en las hojas. Durante los tratamientos se evaluó la asimilación neta de CO_2 (A_{CO_2}), la conductancia estomática (g_s) y la tasa de transpiración (E) en hojas individuales con un sistema portable de fotosíntesis (CIRAS-1, PP Systems, Haverhill, MA). Todas las medidas fueron hechas entre 8:30 y 10:30 h cuando la radiación fotosintéticamente activa fue superior a $800 \mu mol m^{-2} s^{-1}$. El daño del fotosistema II fue evaluado a través de la medición de la emisión de la fluorescencia de la clorofila de la hoja usando un fluorómetro de pulso-modulado (OS5-FL, OptiScience, USA), operando con el test F_v/F_m en hojas adaptadas a la oscuridad por lo menos por 20 minutos (van Kooten y Snel, 1990). Se realizaron tres medidas en diferentes partes del árbol en los 18 árboles 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).



Figura 3. Inundación de las plantas de Satsuma

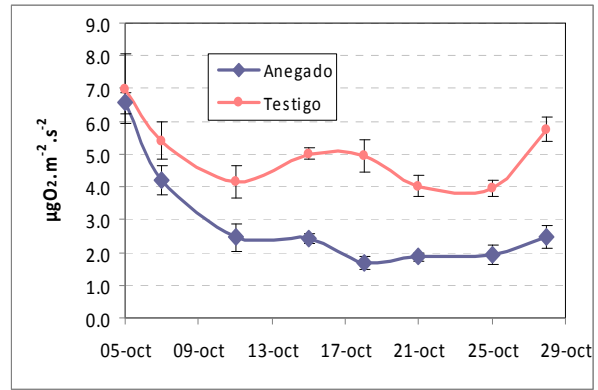


Figura 4. Tenor de oxígeno en suelo (0-20 cm) medido con electrodos de platino.

Resultados y Discusión

El tratamiento con anegamiento redujo el contenido de oxígeno en el suelo (fig. 4). Durante el periodo en estudio la cantidad de oxígeno en el suelo alcanzó valores muy bajos, cercanos a $2 \mu\text{g O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$. Estas condiciones de anoxia del sistema radicular, indujeron una caída significativa de frutitos pequeños y de estructuras florales. La anoxia aumentó la tasa relativa media de caída de frutos (fig. 5), además de reducir en forma significativa la brotación de primavera, en desarrollo durante la aplicación de los tratamientos. Se redujo el número de brotes por m^2 pero no la longitud de los mismos (fig. 6).

Además fueron observados cambios significativos en la turgencia de las hojas, y marchitamiento de las mismas, efecto que se evidenció en los cambios significativos del potencial xilemático de las mismas, evaluado por el potencial de tallo (fig. 7).

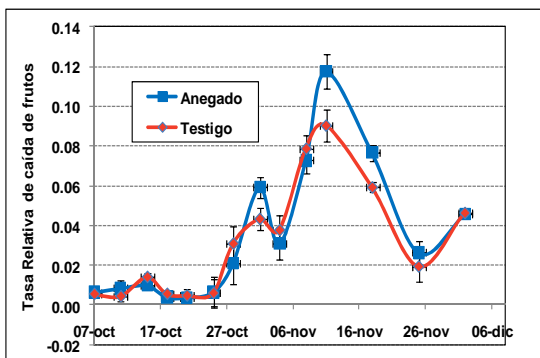


Figura 5. Tasa relativa media de caída de frutitos en el tratamiento de anegado y testigo sin anegar. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=9).

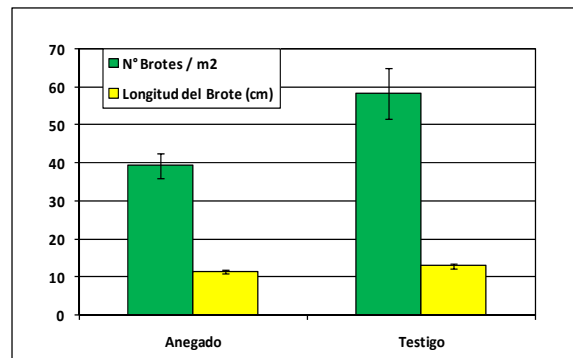


Figura 6. Efecto del anegamiento en la brotación de primavera. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=9).

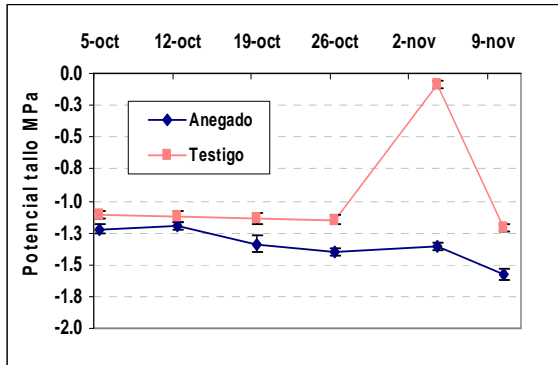


Figura 7. Evolución del potencial hídrico del tallo entre plantas anegadas y testigo sin anegar. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=9).

La disminución del potencial hídrico de la hoja no provocó cambios significativos en la coloración de las mismas evaluada mediante el índice de clorofila (SPAD) o en el nivel de clorofilas en la hoja (datos no mostrados).

El efecto de la anoxia en el intercambio gaseoso de la hoja fue el más significativo. La A_{CO_2} en la hoja se redujo significativamente por la falta de oxígeno en el suelo (fig. 8), esto se hace evidente a medida que la duración del estrés hídrico persiste. Este comportamiento es acompañado por una reducción significativa de la g_s (fig.9) sin alterar la relación C_i/C_a , (datos no mostrados). En principio las diferencias encontradas en la A_{CO_2} , no se deben factores relacionados con limitantes en el mesófilo de la misma, sino más bien a factores estomáticos, al igual que lo reportado por Syvertsen (1983).

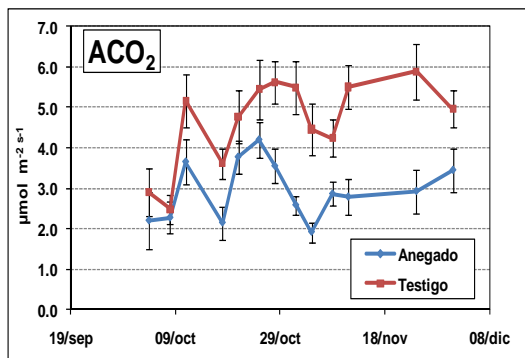


Figura 8. Efecto del anegamiento en la asimilación neta de la hoja (A_{CO_2}). Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=9).

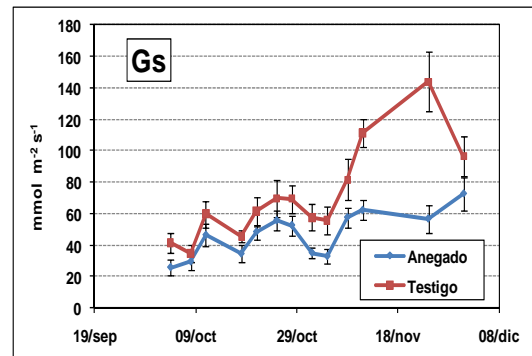


Figura 9. Efecto del anegamiento en la conductancia estomática (g_s) de la hoja. Las barras verticales representan el error estándar de la media (n=9).

La anoxia afectó significativamente el fotosistema II (PSII) de la hoja con cambios en el rendimiento cuántico (Yield) y sin producir variaciones en la eficiencia máxima del fotosistema II (F_v/F_m) y ni en la fluorescencia basal (F_o); datos no mostrados).

Se han detectado aumentos significativos a nivel de la prolina en las raíces entre plantas anegadas y sin anegar, pero no a nivel de hojas (datos no mostrados). La prolina es un osmolito secundario que favorece el ajuste osmótico de los tejidos en

deshidratación, evitando la pérdida de turgencia de las células de la hoja al aumentar el potencial osmótico en la vacuola; al mismo tiempo se le han atribuido efectos directos en la reducción del estrés oxidativo.

De acuerdo con los datos registrados, las condiciones de anoxia en el suelo afectarían directamente el desempeño funcional de las raíces, evidenciado por un cambio importante en el contenido de prolina (Syvertsen *et al.* 1983; Arbona *et al.* 2008). Este mal funcionamiento radicular afecta los mecanismos de transpiración, provocando deshidratación de los tejidos de la planta, provocando la reducción del potencial hídrico de la hoja y del tallo (Corre Molinari *et al.* 2004). Como consecuencia, se observa una reducción de la fotosíntesis, evidenciada fundamentalmente por la reducción de la g_s y no por limitantes en la difusión de CO_2 a nivel del mesófilo.

Conclusiones

El anegamiento afectó el comportamiento de Satsuma del siguiente modo:

- Provocó un mal funcionamiento de la raíz.
- Una deshidratación significativa de la planta.
- Reducción de la brotación.
- Aumento significativo de la caída de frutitos.
- Sin cambios en el color de follaje (clorofilas, SPAD).
- Una reducción significativa de la fotosíntesis (g_s , A_{CO_2} y PSII).
- Aumento del contenido de prolina en la raíz pero no en la hoja.
- Acumulación de Almidón en hojas (datos no mostrados).

Aclaración: Los datos presentados son de un año de estudio, el trabajo no ha concluido aún.

Bibliografía

- Arbona, Vicent, *et al.* 2008. Antioxidant enzymatic activity is linked to waterlogging stress tolerance in citrus. *Physiologia Plantarum* 132:452-466.
- 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.
- Correa Molinari, H B. *et al.* 2004. Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. X *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. *Plant Science* 167 1375-1381.

- Giménez A., Castaño J.P., Baethgen, W. y B. Lanfranco. 2008 Cambio Climático en Uruguay, posibles impactos y medidas de adaptación en el Sector Agropecuario. INIA. Serie Técnica 178.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2007. Cambio Climático. Informe de Síntesis 1-103.
- Iwasaki, K. 1975. Flowering, Fruit Set , Development, Size and Quality of Satsuma Mandarin as Affected by Oxygen Content of Soil Atmosphere. J. Japan Soc. Hort. Sci. 44(3) 228-234.
- Otero A., Ishikawa K. y T. Kihara 2002. Predicción del rendimiento a través de la evaluación de la floración en citrus. INIA_JICA Resultados de Investigación Protección de Árboles Frutales 1995-2000. 39-43.
- Poel, L.W. (1960). The estimation of oxygen diffusion rate in soils. Journal of Ecology. 48 (1) 165-173.
- Scholander, P.F., H.T. Hammel, E.D. Bradstreet, y E.A. Hemmingsen. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science 148:339-346.
- Syvertsen, J.P. *et al.* 1983. Soil-temperature and flooding effects on 2 species of citrus. 1. Plant-growth and hydraulic conductivity. Plant Soil 72:3-12.
- van Kooten, O y J.F.H. Snel. 1990. The use of fluorescence nomenclature in plant stress physiology. Photosyn. Res. 25:147-150.

RESUMEN

Manejo de Valencia Late con raleo químico de frutos

Carmen Goñi¹ y Alvaro Otero²

¹ Área de Riego y Nutrición, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; cgoni@inia.org.uy

² Área de Fisiología y Manejo, Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola, INIA Salto Grande; aotero@inia.org.uy

Introducción

La naranja Valencia late ocupa un lugar de importancia en la producción nacional, por ser el cultivar más plantado y el que tiene el mayor volumen de comercialización. Valencia representa el 60% de la producción de exportación a nivel del país (DIEA, 2011). Sin embargo sus niveles promedio de productividad (rendimiento exportable) son relativamente bajos en relación a los niveles productivos experimentales, observándose importante alternancia productiva especialmente en condiciones de sequo.

Varias técnicas de manejo se han implementado en INIA-SG para levantar estas restricciones productivas. Se han evaluado algunos de los factores de producción que mejoran el rendimiento exportable como ser: aplicación de riego; dosis óptimas de fertilización (N,P,K); uso de reguladores de crecimiento para aumentar tamaño (Triclopir, 2-4 D, Dicloprop) o como raleadores químicos (ANA, Triclopir); diferentes tratamientos de poda y marco de plantación y distintos portainjertos. Además, en los últimos años se ha desarrollado un modelo productivo para Valencia que relaciona los componentes productivos de la planta (Otero *et al*, 2008).

Sin embargo, la aplicación de riego es el factor principal que más ha contribuido a la productividad y sostenibilidad de los rendimientos (reducción de la alternancia productiva). Así, el riego asegura un mayor rendimiento, una mejora en la distribución y tamaños de los frutos, lo que permite incrementar los porcentajes exportables en forma significativa (Goñi *et al*, 2009). En referencia a la alternancia productiva, las variaciones de rendimiento entre años son mayores en condiciones de sequo que con la aplicación de riego. Este efecto se puede observar claramente en la figura 1, donde en una serie importante de años con los tratamientos de riego y sequo, con 408 pl/ha, la alternancia productiva se reduce significativamente con el uso del riego en el área de Salto. El riego disminuye la alternancia productiva aunque mantiene cierto grado de alternancia en la intensidad de la floración y en las brotaciones (datos no mostrados). En consecuencia, el riego, aunque disminuye la alternancia productiva, no logra eliminarla completamente. En variedades como Valencia, una floración intensa, induce un cuajado importante de frutos (en ausencia de condiciones ambientales adversas durante la floración y cuajado del fruto) y en consecuencia estas plantas, sin una reducción importante del número de frutos, tienden a generar ciclos alternantes de producción.

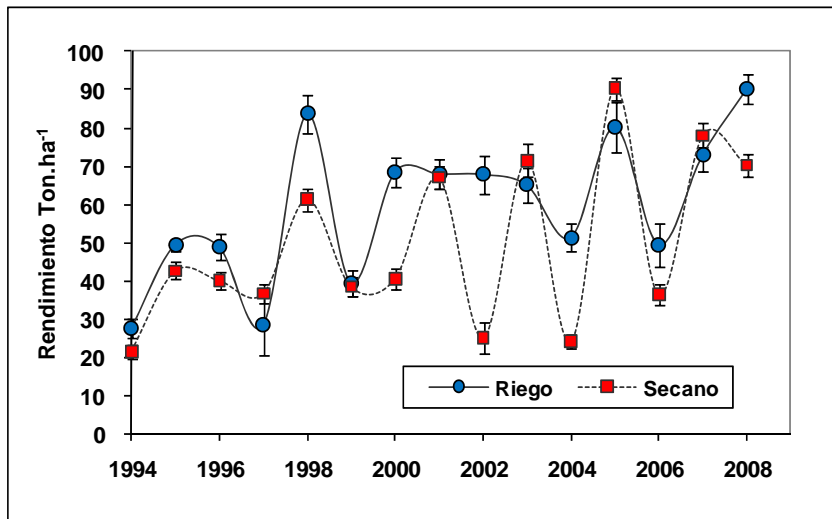


Figura 1. Producción anual de Valencia late / *P. Trifoliata* en condiciones de riego y secano para el periodo 1994-2008, Salto. Barras verticales representan los errores estándar de la media (n=24).

A los efectos de reducir aún más el efecto alternante en condiciones de riego, se propuso incorporar el control del número de los frutos por medio del raleo químico. El ácido naftalenacético (ANA) ha sido probado con muy buenos resultados en Valencia late y en otros cultivares (Otero, 2004) en el área de Salto, pero se desconocía su interacción con el riego y su capacidad de atenuar el efecto alternante mencionado.

Materiales y Métodos

Se trabajó en un cuadro adulto de naranja Valencia Late/*P. Trifoliata* de la estación experimental INIA Salto Grande. En un ensayo de marco de plantación existente, se seleccionaron diez plantas de densidad media de plantación (408 pl/ha) de cada bloque; cinco en condiciones de riego y cinco en secano. El sistema de riego empleado es goteros, una línea por fila de plantación, con emisores de 4 l/h distanciados a 1 m. La decisión de regar se toma en base al monitoreo del agua del suelo con tensiómetros ubicados a dos profundidades (30 y 60 cm). Se utiliza un nivel de agotamiento del 30% del AD a los 40 cm de profundidad; para este suelo equivale a un potencial de matriz del suelo de 20 KPa. Se regó cada vez que los tensiómetros de 30 cm llegaron al umbral de 20 KPa.

En dos de los cuatro bloques del experimento se le aplicó ANA a una dosis de 300 ppm a los 35 días de plena flor. Las aplicaciones se realizaron con máquina atomizadora, en forma convencional, con un gasto de agua de 2000 litros/ha.

Las evaluaciones que se realizaron fueron: a) Categoría de intensidad de floración-brotación (escala de 1 a 5), b) Componentes del rendimiento: kg y N° de frutos por planta y c) Distribución de tamaños de frutos (< 60,9, 61-66,9, 67-72,9, 73-79,9, 80-87,9 y > 88 mm).

Resultados y Discusión

Valencia late cultivada en la región del litoral noroeste no tiene restricciones importantes de productividad por problemas de cuajado de frutos, a menos que condiciones extremas ocurran durante ese periodo. En árboles de Valencia los componentes con mayor peso fenológico que afectan el balance productivo son la intensidad de floración-cuajado, el número total de brotes vegetativos, el crecimiento radicular y el rendimiento (peso y número total de frutos).

Los componentes (intensidad de floración, brotación y número de frutos) de un año se relacionan entre si y con el siguiente año productivo. Esas relaciones entre los componentes del rendimiento de un año con el siguiente, son, en gran parte, las que definen los ciclos alternantes en producción (Otero *et al.*, 2008). En condiciones alternantes los años de alta carga son seguidos, de no mediar medidas de manejo correctivas, por otro de baja carga. Se pueden practicar distintas medidas de manejo a los efectos de balancear estos componentes, como por ejemplo: a) el uso de AG₃ en otoño-invierno, para la inhibición floral ante la previsión de una fuerte floración; b) el raleo de frutos ante una excesiva carga; c) ajustar la intensidad de la poda, la fertilización y el riego para el control de las brotaciones. En Valencia late la intensidad de floración del año está relacionada inversamente a la intensidad de la brotación vegetativa en la primavera y directamente al número de frutos (fig. 2), pero tanto la floración como el número de frutos están inversamente relacionadas con las intensidades del siguiente año.

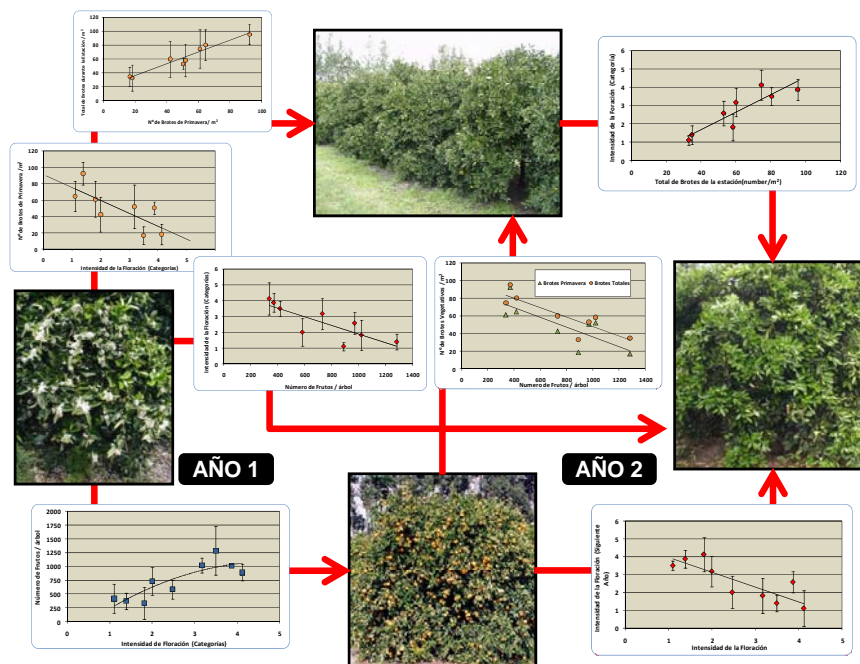


Figura 2. Modelo productivo para Valencia Late, relaciones entre sus componentes (Modificado de Otero *et al.*, 2008)

Teniendo en consideración las relaciones existentes entre los componentes productivos de Valencia, la información siguiente es el resultado de dos zafas consecutivas (2008-09 y 2009-10), aplicando ANA en condiciones de riego y seco,

buscando atenuar aún más la alternancia productiva. En los cuadros 1 y 2 se observa el efecto principal del riego y el secano y del uso del raleador químico, para la zafra 2008-09.

El efecto observado en condiciones de riego es el ya conocido. Las plantas con riego logran mayor producción que las de secano. El aumento en producción se da fundamentalmente por un incremento en el peso promedio de los frutos, resultando en una mejora de los porcentajes exportables de fruta. Además, las plantas se diferencian en forma significativa en la intensidad de la floración del año.

Cuadro 1. Efecto principal del riego en los componentes de rendimiento para la zafra de Valencia late (2008-09).

	Riego	Secano
Kg / planta	113,8 a	97,6 b
Nº frutos	771 ns	847 ns
Peso frutos (g)	149,1 a	116,2 b
Kg exportables (66-88 mm)	105,1 a	78,9 b
% exportación	93 a	81 b
Floración	2,1 b	2,6 a

Medias en la fila seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes según el TRM Duncan ($p < 0,05$)

La aplicación de ANA afecta los componentes del rendimiento (cuadro 2), modificando en forma significativa la intensidad de la floración. Cabe mencionar que la mejor estabilidad productiva se logra en las categorías de floración en el rango de 2-2,5; para las condiciones de Salto (Otero, 2006). El cuadro 3 muestra los efectos de la interacción de tratamientos.

Cuadro 2. Efecto principal del raleador químico (ANA) en la producción de Valencia late (2008-09).

	con ANA	sin ANA
Kg / planta	98,4 b	113,8 a
Nº frutos	721 b	886 a
Peso frutos (g)	134,8 ns	132,4 ns
% exportación	91,5 ns	83,5 ns
Floración	3,0 a	1,8 b

Medias en la fila seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes según el TRM Duncan ($p < 0,05$)

Cuadro 3. Interacción del efecto del riego y secano con y sin la aplicación de ANA en la producción de Valencia late (2008-09).

		Nº frutos ⁽¹⁾	Kilos por Planta	Peso fruto ⁽²⁾ (g)	Kg Exportables ⁽²⁾	% Expor ⁽²⁾	Floración ⁽²⁾ (1 a 5)
Riego	Raleo	747,4 b	116,8 a	145 b	108,5 a	93,6 a	2,8 b
Riego	Sin Raleo	792,0 b	119,5 a	152 a	109,0 a	92 b	1,5 d
Secano	Raleo	692,0 b	99,6 b	123 c	88,1 b	89 b	3,2 a
Secano	Sin Raleo	994,0 a	85,6 c	110 d	62,0 c	73,8 c	2,1 c

⁽¹⁾ Análisis de interacción sin covarianza. ⁽²⁾ Análisis de interacción con covarianza de número de frutos. Medias en las columnas seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes según el TRM Duncan ($p < 0,05$)

De los resultados se puede concluir que el efecto del riego así como la aplicación del raleador aumenta el tamaño de los frutos. Sin embargo el efecto del riego supera a ambos. El impacto mayor en la producción de Valencia 2008-09 de la interacción de los efectos del riego y secano, con y sin la aplicación de ANA se produce en las condiciones de secano (Cuadro 3). La aplicación de ANA reduce en forma significativa el número de frutos por planta de aproximadamente 1000 a 700 frutos, incidiendo en el aumento en los rendimientos por planta por incremento en el peso medio de los frutos. Además, el ANA mejora la distribución de tamaños de fruta por planta (fig. 3). Esa mejor distribución de los tamaños de fruta se repite en la siguiente zafra (2009-10), datos no mostrados.

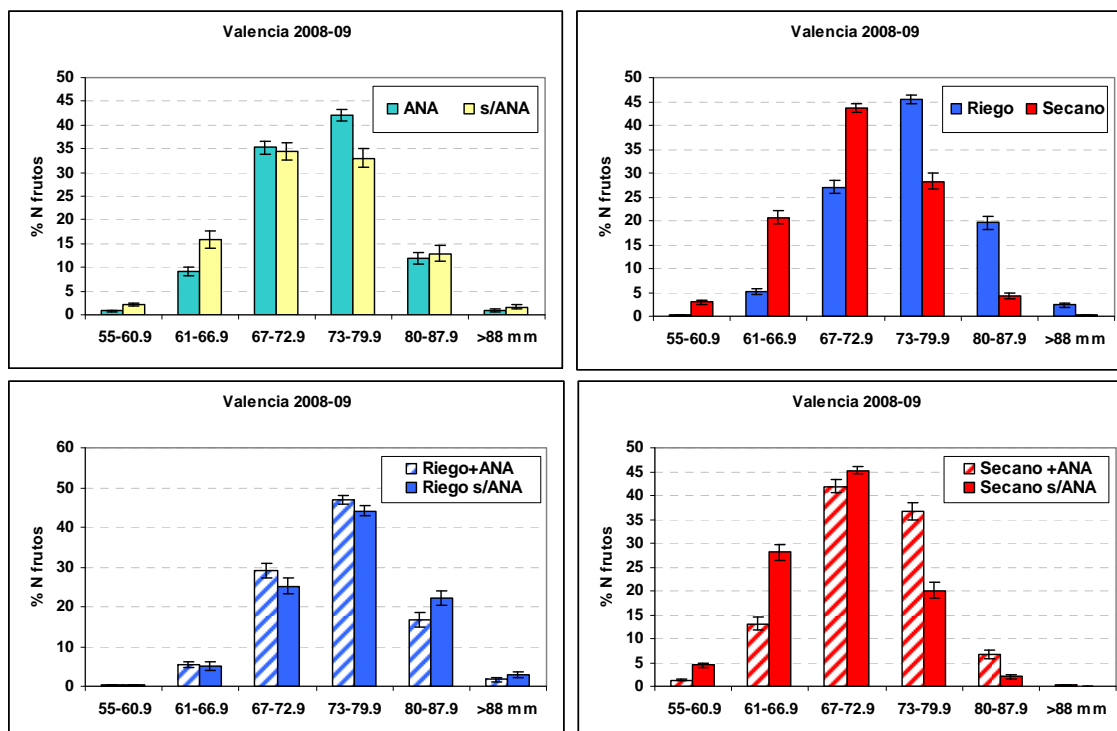


Figura 3. Comparación de la distribución de los tamaños de fruta de Valencia entre los efectos principales y la interacción para cosecha 2008-09. Las barras representan el error estándar de la media.

Los resultados de la siguiente zafra (2009-10) pueden observarse en el (cuadro 4), así como las variaciones producidas entre los dos años consecutivos (cuadro 5).

En este período el raleo tuvo efecto significativo básicamente en condiciones de riego. El raleo en las condiciones de secano no tuvo efecto significativo en la reducción del número de frutos, teniendo el tratamiento de secano con y sin aplicación de ANA, similar número de frutos al tratamiento de riego sin aplicación de ANA.

Cuadro 4. Efecto en la producción de Valencia late en los componentes principales y en la interacción de los tratamientos para la zafra (2009-10)

		Nº frutos	Kg planta	Peso fruto (g)	Kg Exportables	% Exp	Floración Categoría
Riego		0,1466 ¹	0,4040	0,0004	0,5627	0,1062	<0.0001
Raleo		0,7927	0,7230	0,0003	0,4755	0,0003	<0.0001
Interaccion		0,0033	0,0077	0,0084	0,0055	0,7085	<0.0001
Riego	Raleo	529 b ²	101,3 b	201,3 a	89,9 b	88,7 ab	3,5 a
Riego	Sin Raleo	828 a	142,7 ab	167,6 b	126,0 ab	84,2 b	1,9 b
Secano	Raleo	903 a	156,2 a	171,9 b	142,9 a	90,8 a	1,4 c
Secano	Sin Raleo	771 ab	120,0 ab	159,8 c	95,6 ab	77,3 c	1,1 c

(¹) Significancia estadística (ANOVA). (²) Medias de columnas seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes según el TRM Duncan ($p < 0,05$).

Cuadro 5. Variación en la producción de Valencia entre años consecutivos

		Cosecha		
		2009	2010	Variación
		Kg/pl	Kg/pl	Kg/pl
Efecto Riego	Riego	118,2	122,0	-3,9
	secano	92,7	138,1	-45,4
Efecto Raleo	ANA	108,2	128,8	-20,6
	Sin Raleo	102,6	131,3	-28,7
Riego	Raleo	116,8	101,3	15,5
Riego	Sin Raleo	119,5	142,7	-23,2
Secano	Raleo	99,6	156,2	-56,6
Secano	Sin Raleo	85,7	120,0	-34,3

Conclusiones

- El riego disminuye la alternancia productiva de Valencia pero no la elimina. Un aporte suplementario de agua incrementa la productividad por un aumento en el peso de los frutos, incrementando los porcentajes exportables.

- En plantas de riego y secano la incorporación de raleo químico (ANA) mejora el peso promedio de fruto. Esto es especialmente notorio en condiciones de riego. Para el secano, encontramos una variación en el efecto de raleador según el año, el primer año hubo un importante efecto del raleador (año de primavera con precipitaciones normales) (secano c/raleo 88 Kg/pl vs. Secano s/raleo 62 kg/pl fruta exportables), mientras que para el siguiente año, con un primavera de mayor precipitación, el secano con y sin raleo no se diferenciaron.
- El aumento significativo en los porcentajes de exportación de fruta se dan tanto por el efecto del riego como de la aplicación del raleador.
- La aplicación de ANA podría ser utilizada para mejorar aún más la estabilidad productiva particularmente en el caso del riego. La cantidad final de fruta exportable se relaciona más con la cantidad inicial de fruta en el árbol.

Bibliografía

DIEA/MGAP. 2011. Encuesta Nacional Citrícola- Mayo

Goñi C. y A. Otero. 2000. Irrigation Tree Planting Density and Valencia Orange Productivity. Proc. Int. Soc. of Citriculture. International Citrus Congress. Orlando-USA: 549-551.

Goñi. C y A. Otero. 2009. Reduciendo Incertidumbre: El riego en la productividad de los cítricos. INIA. SAD N°: 576.

Otero, A. (2004). Raleo de frutos en mandarina Satsuma y otros cítricos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie Técnica N° 140. Uruguay.

Otero A. y C. Goñi. 2008. Shoot Flush Relationship with Productivity in Valencia Late Orange. Proc. Int. Soc. of Citriculture. Citrus Congress. Wuham-China. Vol II: 953-958.