

---

## Diagnóstico nutricional y Fertirriego: una propuesta dentro de los sistemas de producción intensivos en cítricos.

**Alvaro Otero, Rafael Grasso, Fernando Rivas, Carmen Goñi \***

Programa Nacional de Investigación en Producción Citrícola. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA Salto Grande. Uruguay. [aotero@inia.org.uy](mailto:aotero@inia.org.uy) ; [rgrasso@inia.org.uy](mailto:rgrasso@inia.org.uy); [cfrivas@inia.org.uy](mailto:cfrivas@inia.org.uy) (\*) Actualmente en retiro jubilatorio.

### Introducción.

Aumentar la productividad y sostenibilidad de la producción citrícola es un objetivo priorizado reiteradamente dentro de la citricultura de exportación en Uruguay. En la actualidad, la brecha existente en los rendimientos de las plantaciones cítricas podría disminuirse con la incorporación de nuevas tecnologías de manejo que combinen sistemas de alta densidad con portainjertos semi-enanizantes, con restricción y manejo del sistema radicular; y el fertirriego como el componente principal que habilita el control de todo el sistema. La incorporación de variedades cítricas de alto valor comercial, muchas de ellas bajo patente comercial, forma parte de los nuevos sistemas de producción de cítricos.

Tradicionalmente se piensa en el fertirriego solamente como una herramienta para mejorar la eficiencia de la aplicación de los nutrientes a la planta, para la reducción en los costos de aplicación de los fertilizantes, para la disminución de la contaminación (nitratos y fosfatos) o para la reducción de mano de obra.

Las nuevas tecnologías en los sistemas de plantación de alta densidad incluyen al fertirriego dentro de un paquete integrado de medidas de manejo, la razón principal es que el fertirriego posibilita un mayor control del agua alrededor del sistema radicular y de los nutrientes; y en consecuencia permite intensificar e inducir algunos de los procesos fisiológicos más importantes de la planta, relacionados con las brotaciones, la floración, el cuajado y la calidad de la fruta. Asociada a esta propuesta de manejo, se encuentran los nuevos sistemas avanzados de producción (ACPS, *Advanced Citrus Production System*) desarrollados en USA y los sistemas de hidroponía abierta (OHS, *Open Hydroponic System* desarrollados inicialmente en España.

Estas opciones tecnológicas de vanguardia adoptadas en los últimos años en otros países (Shumman *et al*, 2009; Stover *et al*, 2008 y Martínez-Valero, 2004) no han sido investigadas en un régimen climático como el de Uruguay, con precipitaciones altamente variables entre años y entre estaciones. La escasez de mano de obra, la facilidad de acceso a sistemas de riego-fertirriego automatizados, la disponibilidad de diferentes opciones tecnológicas de las nuevas fuentes de fertilizantes, junto con la necesidad imperiosa de reducir el tiempo de retorno del capital invertido y, entre otras razones, por la apertura del mercado de Estados Unidos para los cítricos, ofrecen una coyuntura inmejorable para validar estos sistemas de fertirriego en nuestras condiciones.

Estos sistemas de plantación están diseñados con el objetivo de lograr un incremento muy importante en la precocidad de los montes citrícolas, con altos y rápidos retornos del capital invertido, en ciclos productivos no mayores a los 12 años. A pesar de todas las ventajas de estos nuevos sistemas, ellos presentan también ciertas desventajas, pues requieren un mayor volumen de agua disponible y una infraestructura específica, inicialmente más costosa (tanques, inyectores, sensores varios, fuentes de fertilizantes específicas). Se requiere a su vez, que el **sistema de riego esté diseñado y funcione en óptimas condiciones.**

INIA-Salto Grande ha implementado un área experimental de fertirriego especialmente diseñada para lograr estos objetivos; que está integrada con una plataforma de fertirriego computarizada y automatizada que permite el control individual de los tratamientos.

Vista de la plantación en diciembre 2012 y aspecto general de la misma en mayo del 2013.



La estrategia experimental incluye tres objetivos: a) determinar la mejor frecuencia para realizar el fertirriego y la forma más adecuada de aplicación de los nutrientes para el régimen pluviométrico de UY y las características de los suelos existentes en la región cítrica de Salto; b) generar índices de suelo y de planta que expliquen y corroboren los resultados obtenidos, a los efectos de monitorizar con mayor frecuencia el estado nutricional del cultivo; y c) evaluar la productividad y recuperación del capital de sistemas de alta densidad de plantas con restricción del sistema radicular y portainjertos semienajantes.

**Objetivo estratégico 1.** En INIA-Salto Grande se instalaron dos ensayos contiguos: a) en uno se investigan los efectos de tres frecuencias de fertirriego, donde se aplica la misma dosis de agua y nutrientes en base semanal, pero fraccionada en aplicaciones con frecuencia: diaria, cada tres días y semanal; b) en el otro ensayo, se comparan tres sistemas de fertilización bajo condiciones óptimas de riego: i) fertilización en cobertura, con los fertilizantes clásicos de las propuestas tecnológicas actuales en Uruguay, ii) fertilización en cobertura, pero con fuentes de liberación lenta (particularmente Nitrógeno) y iii) fertirriego con una frecuencia de aplicación de los nutrientes cada 3 días. Los tratamientos de ambos ensayos reciben el mismo volumen de agua y similar dosis de macro y micronutrientes en base semanal. Asociado a este objetivo se encuentra la evaluación de nuevas tecnologías de fertilizantes disponibles en Uruguay, relacionadas al nitrógeno, y potasio fundamentalmente.

**Objetivo estratégico 2.** Involucra la generación de índices de nutrientes de suelo y de planta que expliquen y corroboren los resultados obtenidos. Estos indicadores buscan mejorar el monitoreo de las plantas y del suelo, especialmente pretendiendo prever el estado nutricional de las plantas desde la floración hasta el período convencional de muestreo (marzo-abril), permitiendo realizar correcciones nutricionales a lo largo del ciclo productivo, mejorando la calidad de la fruta y manteniendo un alto potencial productivo del árbol en el tiempo.

**Objetivo estratégico 3.** Involucra dos ensayos en INIA SG, a) la evaluación de sistemas de alta densidad (5,5 x 2,5 m y 2,8 x 1,5) con tres portainjertos (Carrizo, Trifolia y 79AC) y b) la comparación de tres sistemas de plantación: acamellonado, acamellonado con cubierta del suelo y sin acamellonado, en dos densidades de plantación (5,5 x 2 m y 5,5 x 1,5 m), todos los tratamientos con el portainjerto 79AC. Los dos ensayos van con sistemas de fertirriego, para frecuencias de aplicación diaria.

**Resultados Objetivo estratégico 1.** La información resultante de los dos primeros años desde su implantación nos demuestran el potencial que tiene esta tecnología: se ha logrado un rápido crecimiento con una alta precocidad de las plantas. En la producción de la primera flor (17 meses luego de la plantación) se han obtenido rendimientos equivalentes a 2900 kg/ha con 667 plantas/ha, y la producción para la segunda flor fluctúa en un rango de 13000 y 15500 kg/ha.

Vista de la producción y el tamaño de fruto y de plantas logrado a los 17 meses de la plantación.



Vista de la producción y detalle en la uniformidad del tamaño de fruto esperado (segunda flor) en plantas del ensayo de frecuencia de aplicación del fertirriego



El nivel foliar de N, elemento llave de la producción, no ha sido modificado durante el primer año con las frecuencias de fertirriego, pero si con las formas de aplicar la nutrición y el riego. Como el N llega a las raíces por flujo masal, es decir se mueve con el agua del suelo, esta

información primaria deberá contrastarse con un año extremadamente lluvioso como el actual.

Formas de Fertilizar y Regar		Frecuencia de aplicación	
	% N		% N
Riego+Fertilización Concencional	2.68 b	Fertiriego Diario	2.73 ns
Riego+Fert. Con N de Liberación Lenta	2.96 a	Fertiriego cada 3 días	2.72
Fertiriego cada 3 días	2.83 ab	Fertiriego Semanal	2.68
Pr>F	0.0288	Pr>F	0.8422

**Resultados Objetivo estratégico 2.** Como indicadores del nivel nutricional de las plantas y complementarios a los clásicos análisis de suelo y foliar se está calibrando el análisis de los nutrientes en las flores y el análisis químico de la savia. Los avances logrados en estos indicadores (nivel de nutrientes minerales en flores y en savia) son muy promisorios, pues permiten un diagnóstico anticipado al diagnóstico foliar clásico, en el caso del análisis de flores y una detección más rápida y sensible a cambios en las medidas de manejo, ejemplo a una aplicación de N que el análisis foliar. Sin embargo es necesario aún complementar esta información para una extrapolación y uso a nivel productivo. Los indicadores usados en suelo son el clásico análisis químico de suelo, el análisis de la solución del suelo y el seguimiento a distintas profundidades del contenido de agua en suelo.

Para el análisis de la solución del suelo se han instalado succionadores de la solución del suelo; estos permiten el control de la solución nutritiva aplicada y el seguimiento de la misma a nivel de la interfase del suelo con el sistema radicular. El seguimiento de la solución en el bulbo y el hecho de trabajar a dos profundidades nos facilita evitar pérdidas de nutrientes en profundidad y generar potenciales problemas de contaminación.

Succionador de solución de suelo y vista del campo experimental con las estaciones de solución del suelo y sensores de agua en suelo.





Los extractores de solución del suelo están ubicados a dos profundidades y la solución extraída es analizada en INIA-SG con un cromatógrafo de iones (Dionex ICS 900) que permite el análisis de los aniones y cationes.

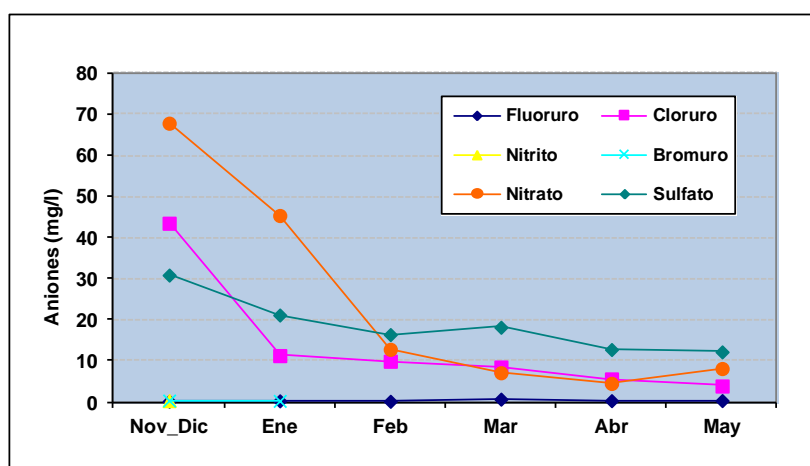
Efecto de la profundidad de muestreo de la solución del suelo en el contenido de cationes

Efecto de la profundidad de muestreo de la solución del suelo en el contenido de cationes en el promedio de todos los tratamientos de fertirriego.

Frecuencia de Aplicación	Cationes mg/litro					
	Litio	Sodio	Amonio	Potasio	Magnesio	Calcio
20 cm	0.04 b	3.55 b	0.15 ns	1.11 ns	7.7 a	44.0 a
45 cm	0.06 a	7.60 a	0.29	1.28	3.6 b	28.0 b

Formas de Regar y Fertilizar	Cationes mg/litro					
	Litio	Sodio	Amonio	Potasio	Magnesio	Calcio
20 cm	0.04 b	4.45 b	0.32 ns	0.92 ns	12.5 a	61.0 a
45 cm	0.07 a	8.08 a	0.45	0.92	4.7 b	37.8 b



Evolución general de los aniones de la solución del suelo con la frecuencia de aplicación del fertirriego. Frecuencia cada 3 días 20 cm de profundidad.

Componentes del rendimiento en Afourer bajo fertirriego y con tres sistemas de fertilización. Cosecha 2015, perteneciente a la segunda floración desde la plantación.

Fertilización	Kg/planta	Ton/ha	N° de frutos	Peso fruto (g)
Diaria	22.7 a	15.2 a	173 ns	132 a
Tres días	19.7 b	13.2 b	170	116 b
Semanal	23.1 a	15.4 a	190	122 c

Fertilización	Kg/planta	Ton/ha	N° de frutos	Peso fruto (g)
Convencional	26.5 a	17.7 a	218 a	122 a
Fertirriego 3 días	20.0 b	13.3 b	176 b	114 b
Liberación lenta	26.1 a	17.4 a	214 a	122 a

---

Medias en las columnas seguidas por diferente letra son significativamente distintas ( $p < 0.05$ ).  
Test de Rangos Múltiples de Duncan.

**Resultados Objetivo estratégico 3.** Este grupo de experimentos está planificado para instalarse en marzo de 2016, actualmente las plantas con los portainjertos semienanizantes (79AC) y los demás están en desarrollo en el invernáculo.

Los avances logrados y esperados en estos trabajos, el ajuste de los indicadores de suelo y planta de estos experimentos, junto con la incorporación de las innovaciones tecnológicas y el manejo selectivo de las nuevas variedades brindarán la seguridad necesaria para que estos sistemas productivos puedan ser adoptados en las condiciones de Uruguay y utilizar las oportunidades significativas que tienen de disminuir la brecha productiva existente.

### Referencias Bibliográficas

- Schumann, A. ; Syvertsen, J.P. y Morgan, T.K.** 2009. *Implementing Advanced Citrus Production Systems in Florida- Early Results. Proc. Fla. Hort. Soc.* 122:108-113.
- Martinez-Valero, R. y Fernandez, C.** 2004. *Preliminary results in citrus groves grown under MOHT system. Proc. Int. Soc. Citriculture.*
- Stover, E.; Castle, W.S y Spyke, P.** 2008. *The citrus grove of the future and its implications for huanglongbing management. Proc. Fla. State Hort. Soc.* 121: 155-159.